MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:
Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía

Manuel Jesús Falagán Rojo
Arturo Canga Alonso
Pedro Ferrer Piñol
José Manuel Fernández Quintana




Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo
y
Fundación Médicos Asturias

MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Higiene Industrial, Seguridad y Ergonomía

Manuel Jesús Falagán Rojo
Arturo Canga Alonso
Pedro Ferrer Piñol
José Manuel Fernández Quintana



Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo
y
Fundación Médicos Asturias



Primera edición: julio 2000

Edita: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.
C/ Plaza de América,10-1.º
33005 OVIEDO
Tfno.: 985230900

Coordinación edición: Dr. Arturo Canga Alonso

Autores: Manuel Jesús Falagán Rojo
Licienciado en Ciencias Químicas. Técnico Superior de Prevención. Jefe de Áera de Higiene Industrial (Mutua Madin). Profesor del Máster de Evaluación y Prevención de Riesgos Laborales. Universidad de Oviedo.
Dr. Arturo Canga Alonso
Doctor en Medicina y Cirugía. Medico de Empresa. Técnico Superior de Prevención (Servicio de Prevención Universidad de Oviedo). Profesor del Máster de Evaluación y Prevención de Riesgos Laborales. Universidad de Oviedo.
Pedro Ferrer Piñol
Ingeniero Técnico Industrial. Técnico Superior de Prevención (Mutua Unión Museba Ibesvisco).
José Manuel Fernández Quintana
Ingeniero Técnico Industrial. Técnico Superior de Prevención. Jefe de Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología de ACERALIA. Asturias.

Entidades y organismos colaboradores: CONSEJERÍA DE TRABAJO Y PROMOCIÓN DE EMPLEO
ACERALIA, C.S.
CASELLA-ECOQUIP
UNIÓN MUSEBA IBESVISCO
COMISIÓN DE SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA SIDEROMETALÚRGICA (C.S.I.S.)

ISBN: 84-600-9602-5

Depósito Legal: AS-2.459/2000

Maquetación y filmación: Cizero Digital (Oviedo)

Impresión: Imprenta Firma, S. A. - (Mieres)

INDICE

PROLÓGO

Aunque a primera vista pueda no parecerlo, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales ha venido a renovar la importancia de la Medicina del Trabajo en el campo de la salud laboral. Y ello, paradójicamente, alumbrando un concepto novedoso que, en primera lectura, podría hacer pensar que viene a sustituir a la actuación médica tradicional; nos referimos a la vigilancia de la salud.

Nada más alejado de la realidad. Las prescripciones de la Ley no sólo mantienen la importancia de la actuación sanitaria, sino que la potencian, al imponer –y eso sí es novedad– su coordinación con las restantes disciplinas preventivas en el seno de los servicios de prevención.

De ahí la renovada necesidad de que los especialistas en medicina del trabajo posean amplios conocimientos en las restantes disciplinas preventivas: la seguridad, la higiene, la ergonomía y la psicosociología han de ser para ellos bastante más que simples conocidas; sin que sea necesario que se conviertan en especialistas en tales materias (lo que no tendría sentido, además de ser probablemente imposible) sólo si sus conocimientos en las mismas son relativamente profundos podrán los sanitarios contribuir, con todo el potencial que su formación de base les aporta, a mejorar la salud de los trabajadores.

Porque, no lo olvidemos, de lo que se trata no es sólo de "conservar", sino de "mejorar". Por eso la Ley, en su artículo 5, señala como objetivo de la política en materia de prevención el de "promover la mejora de las condiciones de trabajo a fin de elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo".

Debemos señalar, finalmente, que los profesionales de los servicios de prevención han de tener siempre presente que su obligación (artículo 31.2 de la Ley) es la de asistir "al empresario, a los trabajadores o a sus representantes y a los órganos de representación especializados". Y que precisamente para defender su imparcialidad la ley les confiere la misma protección que el artículo 68 del Estatuto de los Trabajadores confiere a los representantes de los trabajadores.

Y esta sí que es una novedad importante, si bien no afecta sólo a los sanitarios, sino a todos los componentes de los servicios de prevención y a los trabajadores designados, en su caso.

Emilio Castejón Vilella
Director del Centro Nacional de condiciones de Trabajo
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Primera parte

HIGIENE INDUSTRIAL

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Aceptando la definición moderna del término *“**Salud**”*, en la que se contempla no tan solo la ausencia de enfermedad orgánica (funcionamiento deficiente del conjunto de células, tejidos, órganos y sistemas del cuerpo humano), si no ***el equilibrio físico, psíquico y social***, podemos aceptar que el control de la “Salud Laboral”, sea algo más amplio que únicamente evitar la aparición de la enfermedad profesional, definida en el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (Decreto 2065/74 de 30 de Mayo) en el que se dice:

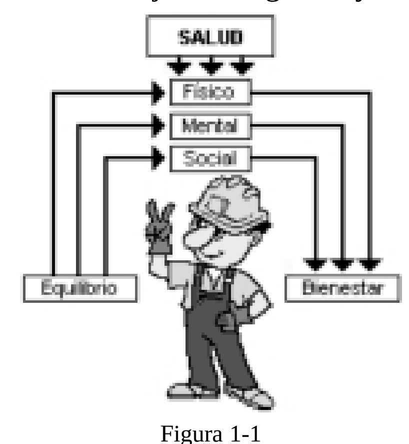


Figura 1-1

“Se entiende por enfermedad profesional la contraída como consecuencia del trabajo por cuenta ajena en las actividades que se especifiquen en el cuadro que se apruebe por las disposiciones de aplicación y desarrollo de esa ley, y que esté provocada por la acción de elementos o sustancias que en dicho cuadro se indiquen para cada enfermedad profesional”.



Figura 1-2

En ese sentido podemos indicar que dado que la Salud Laboral consiste en el equilibrio físico, psíquico y social de un individuo en el entorno laboral, se deberá controlar el mantenimiento de dicho equilibrio, utilizando las técnicas más adecuadas en cada caso:

HIGIENE INDUSTRIAL: Se define como una ***Técnica no médica*** de prevención de las enfermedades profesionales, mediante el control en el medio ambiente de trabajo de los contaminantes que las producen. La higiene industrial se ocupa de las relaciones y efectos que produce sobre el trabajador el contaminante existente en el lugar de trabajo.

Mencionamos aquí para distinguirlas que la **ERGONOMÍA** es la técnica de estudio y adaptación mutua entre el hombre y su puesto de trabajo, mientras que la **MEDICINA DEL TRABAJO** es la parte de la ciencia médica dedicada a la vigilancia y prevención de los efectos de los distintos contaminantes y agentes físicos sobre el hombre.

Dado que el objetivo fundamental de la **Higiene Industrial** es el de ***Prevenir las Enfermedades Profesionales***, para conseguir dicho objetivo basa su actuación sobre las funciones del reconocimiento, la evaluación y el control de los factores ambientales del trabajo.

RELACIÓN ENTRE LA ENFERMEDAD PROFESIONAL Y ACCIDENTE DE TRABAJO

Desde el punto de vista técnico, la enfermedad profesional se define como un deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador producido por una exposición continuada a situaciones adversas, mientras que el accidente de trabajo se define como un suceso normal que, presentándose de forma inesperada, interrumpe la continuidad del trabajo y causa daño al trabajador.

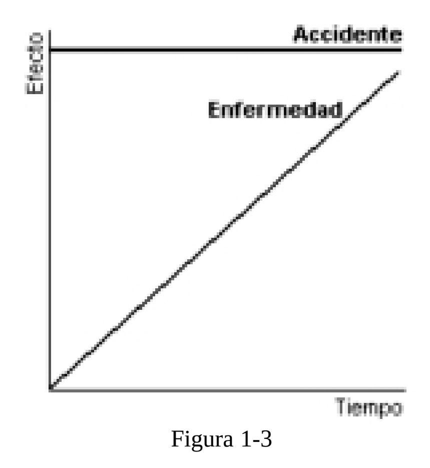


Figura 1-3

La similitud entre ambos radica en la consecuencia final: daño en la salud del trabajador. La diferencia, en el tiempo durante el cual transcurre la acción que acaba causando el daño. En la enfermedad, el tiempo es importante, ya que con la concentración, cantidad o energía del contaminante configura la dosis y el efecto que produce en la persona expuesta. En cambio en caso de accidente de trabajo, el tiempo es irrelevante, ya que no influye en el efecto causado; éste aparece de manera instantánea en el momento del accidente.

FACTORES AMBIENTALES Y TIPOS DE CONTAMINANTES

El desarrollo de una actividad laboral cualquiera provoca modificaciones en el ambiente de trabajo que originan estímulos agresivos para la salud de las personas implicadas. Dichos estímulos, que reciben el nombre de contaminantes, pueden presentarse como porciones de materia (inerte o viva), así como manifestaciones energéticas de naturaleza diversa y su presencia en el entorno laboral da lugar a lo que conoce como RIESGO HIGIÉNICO. Este concepto puede definirse como **“la probabilidad de sufrir alteraciones en la salud por la acción de los contaminantes, también llamados FACTORES DE RIESGO, durante la realización de un trabajo”**.

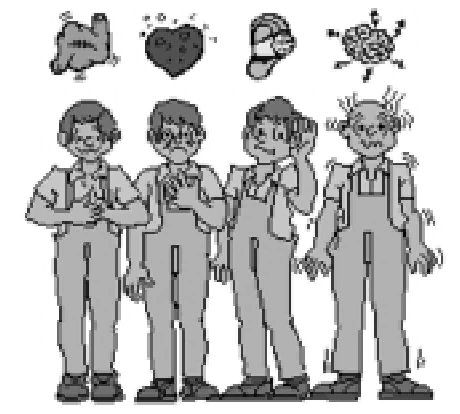


Figura 1-4

Contaminante químico es toda sustancia que durante su manipulación puede incorporarse al ambiente y penetrar en el organismo humano con efectos nocivos y capacidad para lesionar la salud de las personas que entran en contacto con él. Podemos clasificarlos atendiendo a su naturaleza, los factores de riesgo o contaminantes en:

Contaminantes químicos: Se entiende por tal, toda porción de materia inerte, es decir no viva, en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gas), cuya presencia en la atmósfera de trabajo puede originar alteraciones en la salud de las personas expuestas. Al tratarse de materia inerte, su absorción por el organismo no provoca un incremento de la porción absorbida. Dentro de este grupo cabe citar, a modo de ejemplo, polvos finos, fibras, humos, nieblas, gases, vapores, etc.

Agentes físicos nocivos: Son manifestaciones energéticas, cuya presencia en el ambiente de trabajo puede originar riesgo higiénico. Algunos ejemplos de formas de energía capaces de actuar como factores de riesgo son: ruido, vibraciones, variaciones de la presión, radiaciones (ionizantes y no ionizantes), etc.

Contaminantes biológicos: Se considera como tal, toda la porción de materia viva (virus, bacterias, hongos...), cuya presencia en el ámbito laboral puede provocar efectos adversos en la salud de las personas con las que entran en contacto. A diferencia de lo que ocurre con los contaminantes químicos, la absorción de un contaminante biológico origina en el organismo un incremento de la porción absorbida.

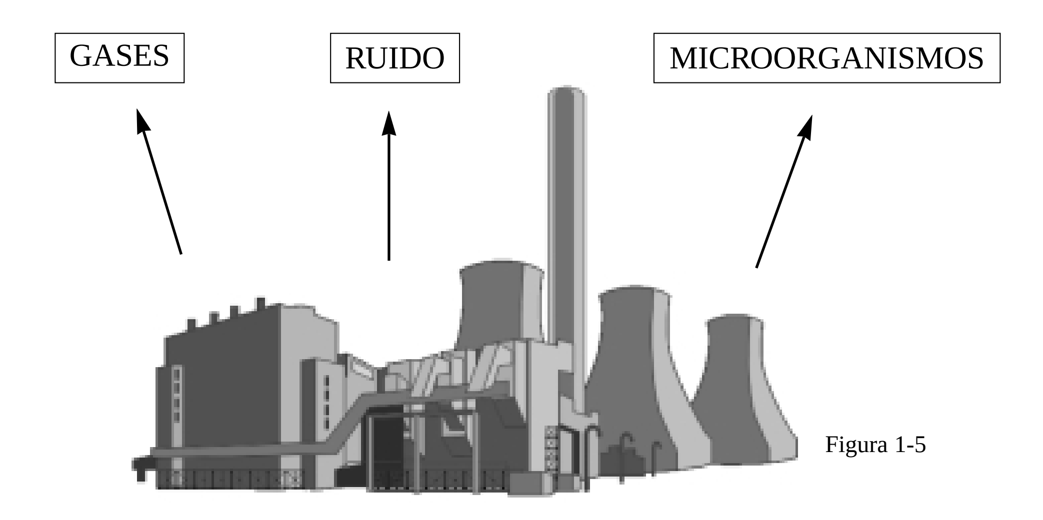


Figura 1-5

En cuanto a la ***forma de presentarse*** los contaminantes químicos, podemos clasificarlos de la siguiente manera:

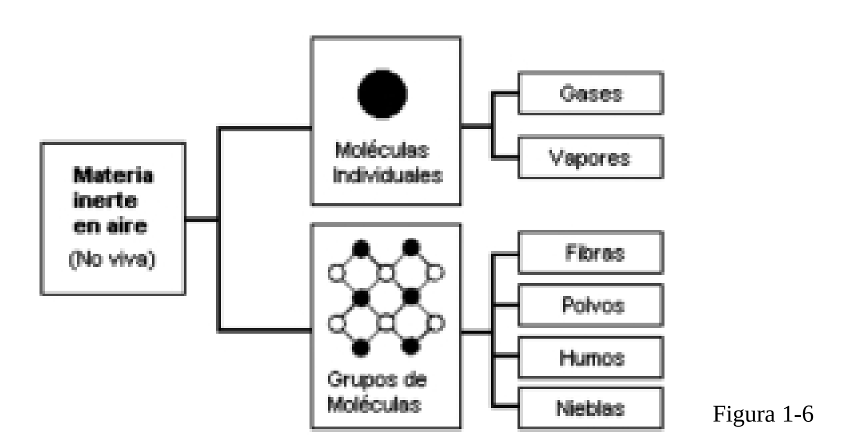


Figura 1-6

Pueden presentarse en el aire en forma de moléculas individuales (Gas o vapor) o en forma de grupos de moléculas unidas, dando lugar a los aerosoles (sólidos y líquidos).

Es importante la diferencia entre ambas formas porque los aerosoles, debido a su mayor tamaño, tienen un comportamiento, en el aire y al ser inhalados, distinto del de los gases y vapores, que es idéntico al del aire por tratarse de moléculas individuales.

Aereosol: Dispersión de partículas sólidas o líquidas, de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso. Dentro del campo de los aereosoles se presentan una serie de estados físicos:

Polvos (Dust), Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño procedente de procesos de disgregación; el tamaño de las partículas va desde la décima de micra (milésima parte del milímetro) hasta unas 25 micras. Los polvos no se difunden en el aire y sedimentan por gravedad, en ausencia de corrientes de aire o campos electrostáticos. (0.1 y 25 µ)

Nieblas (Mist), suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se generan por condensación de un estado gaseoso o por la desintegración de un estado líquido por atomización o ebullición, etc. El tamaño oscila desde la centésima de micra hasta unas diez micras. (0.01 y 10 µ)

Brumas (Fog), suspensiones en el aire de pequeñas gotas de líquido, apreciables a simple vista y procedentes de condensación del estado gaseoso. Su tamaño va desde unas micras hasta cincuenta micras. (2 y 60 µ)

Humos (Smoke), suspensión en el aire de partículas sólidas originadas en procesos incompletos de combustión. Su tamaño es generalmente inferior a 0.1µ (< 0.1 µ)

Humos metálicos (Fume), suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado gaseoso, a partir de la sublimación del metal. Su tamaño es similar al del humo.

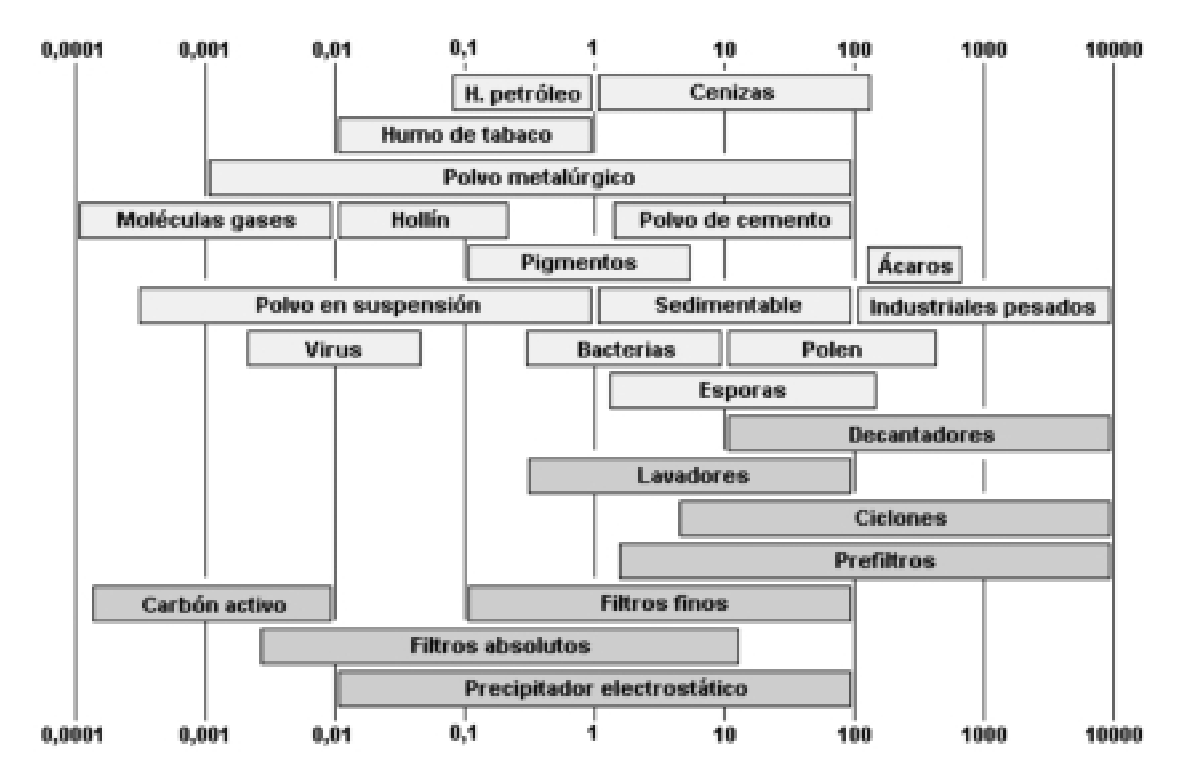


Figura 1-7: TAMAÑO DE VARIOS CONTAMINANTES EN MICROMETROS

Gases, fluidos amorfos que ocupan todo el espacio que los contiene, dando 760 mm de Hg de presión a 25 ºC. Sus partículas son de tamaño molecular y, por tanto, se pueden mover por transferencia de masa o por difusión o gravedad (hacia abajo o hacia arriba si son más ligeros que el aire).

Vapores, son la fase gaseosa de una sustancia generalmente sólida o líquida a 25ºC y 760 mm de Hg de presión. El vapor puede pasar a sólido o líquido actuando bien sobre su presión o bien sobre su temperatura El tamaño de las partículas también es molecular y es aplicable todo lo comentado para los gases.

Además de los factores ambientales existen otros factores adicionales que tienen una gran importancia en la posible nocividad de un contaminante y su acción biológica sobre el organismo. Los podemos clasificar en:

Factores intrínsecos: Aquellos sobre los que el hombre no puede ejercer ningún control (susceptibilidad del individuo, raza, edad, etc.)

Factores extrínsecos: Aquellos sobre los que se puede ejercer control (concentración del contaminante, duración de la exposición al riesgo, nutrición, sinergias debidas a la utilización de otras sustancias como tabaco, drogas, alcohol, etc.)

Los factores ambientales pueden originar sobre el individuo trastornos biológicos en su organismo y dañar su salud, ocasionando diversas respuestas (crónicas, agudas, irreversibles, reversibles, envejecimiento prematuro, situaciones de malestar o disconfort,...)

FACTORES QUE DETERMINA UNA ENFERMEDAD PROFESIONAL

La **concentración del agente contaminante** en el ambiente de trabajo: Existen valores máximos tolerados, establecidos para muchos de los riesgos físicos y químicos que suelen estar presentes habitualmente en el ambiente de trabajo, por debajo de los cuales es previsible que en condiciones normales no produzcan daño al trabajador expuesto.

El **tiempo de exposición**: Los límites comentados suelen referirse normalmente a tiempos de exposición determinados, relacionados con una jornada laboral normal de 8 horas y un período medio de vida laboral activa.

Las **características individuales de cada individuo**: La concentración y el tiempo de exposición se establecen para una población normal por lo que habrá que considerar en cada caso las condiciones de vida y las constantes personales de cada individuo.

La **relatividad de la salud**: La definición legal de la salud no coincide con la definición técnica: El trabajo es un fenómeno en constante evolución, los métodos de trabajo y los productos utilizados son cada día más diversos y cambiantes, y también lo son los conceptos que de salud y enfermedad están vigentes en una sociedad, por lo que limitarse a lo establecido oficialmente, aunque esto sea muy reciente, no es garantía de enfocar el problema de las enfermedades profesionales en su real dimensión.

La **presencia de varios agentes contaminantes al mismo tiempo**: No es difícil suponer que las agresiones causadas por un elemento adverso disminuyen la capacidad de defensa de un individuo, por lo que los valores límites aceptables se han de poner en cuestión cuando existen varias condiciones agresivas en un puesto de trabajo.

VÍAS DE ENTRADA DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO

La absorción de un contaminante químico por el organismo supone su incorporación a la sangre, tras franquear los obstáculos naturales constituidos por las diversas barreras biológicas (paredes alveolares, epitelio gastrointestinal, epidermis, tejido vascular, etc.) a las que se accede por distintas vías que son fundamentalmente la inhalatoria, cutánea, digestiva y parenteral. También se considera una vía de entrada las mucosas (ocular, vaginal…), si bien pueden tener menor importancia en el plano laboral general.

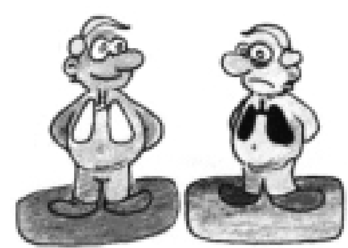


Figura 1-8

En el ámbito laboral, la inhalatoria es sin duda la más importante, ya que cualquier sustancia presente en la atmósfera de trabajo es susceptible de ser inhalada.

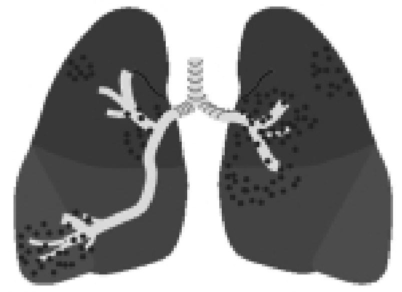
Vía respiratoria

Está constituida por todo el sistema respiratorio (nariz, boca, laringe, bronquios, bronquiolos y alvéolos pulmonares).


Figura 1-9

Constituye la vía de entrada más importante para la mayoría de los contaminantes y la más estudiada, hasta el punto que los valores estándar están referidos, salvo determinados casos, exclusivamente a esta vía.

El individuo necesita oxígeno para obtener la energía que le permita realizar sus funciones. Para conseguir este oxígeno aspira el aire que le rodea, mediante la nariz o la boca y lo conduce a los pulmones.


Figura 1-10

Sustancias que no estén suspendidas en el aire, la probabilidad de que produzcan peligros higiénicos es muy pequeña, siempre y cuando sean manipulados convenientemente. Cualquier sustancia suspendida en el ambiente puede ser inhalada, pero sólo las partículas que posean un tamaño adecuado llegarán a los alvéolos influyendo también su solubilidad en los fluidos del sistema respiratorio, en los que se deposita. Por tanto todas las sustancias químicas que se encuentran en forma de gases, vapores, humos, fibras, etc… pueden ser **arrastradas** por corriente respiratoria de inhalación y dependiendo del tamaño y la forma de sus partículas, llegaran más o menos lejos en el recorrido de las

canalizaciones que constituyen el aparato respiratorio. Así los gases y partículas más pequeñas de polvo o humos podrán llegar la sangre tal como hace el oxígeno.

El aire que es inhalado pasa en primer lugar por las fosas nasales, siendo acondicionado tanto en temperatura como en humedad. Al mismo tiempo, las fosas nasales retienen las partículas de mayor tamaño.

En la laringe y tráquea, las partículas de suficiente tamaño son retenidas por la mucosidad que recubre las paredes internas, siendo posteriormente eliminadas por expectoración y estornudos. En ocasiones estas partículas pasan al sistema digestivo (deglución).

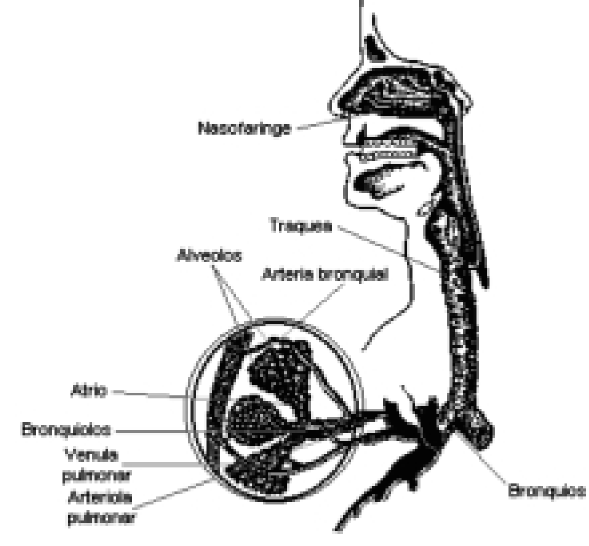


Figura 1-11

Los vapores, gases y aerosoles no rechazados por los mecanismos de defensa antes vistos, son capaces de llegar a los alvéolos, lugar donde se produce el paso del oxigeno a la sangre, produciendo daños locales o atravesándolos para incorporarse a la sangre y ser distribuidos por todo el cuerpo junto con el oxígeno.

Si el contaminante es un gas, un vapor o un aerosol líquido, se absorbe por difusión, sobre todo cuando se trata de un compuesto liposoluble. De este modo, una vez alcanzados los alvéolos pulmonares, atraviesa la membrana alvéolocapilar con una velocidad de difusión que será proporcional, entre otros factores, al gradiente de concentración existente entre el aire alveolar y la sangre. También se han descrito casos de lesión local (fibrosis intersticial) por la acción de ciertos contaminantes líquidos, tales como las nieblas de aceite mineral.

Si el contaminante es un sólido (polvos, fibras, humos...) o un aerosol, su acceso por esta vía está condicionado principalmente por el tamaño de las partículas. Así, mientras las mayores de 5 µm precipitan en la mucosa nasofaríngea o van quedando retenidas en el epitelio ciliado de la tráquea y bronquios superiores, las menores de ese tamaño tienen una mayor probabilidad de alcanzar la región alveolar. Una vez allí, las partículas pueden ejercer una acción agresiva local (neumoconiosis, fibrótica o no) o pasar al torrente sanguíneo a través de la membrana alvéocapilar, pudiendo realizarse básicamente por filtración, transporte (activo o pasivo) e incluso por difusión simple, teniendo una gran importancia su solubilidad. Pero además del paso directo a la sangre por los mecanismos indicados, pueden producirse una movilización de partículas libres o fagocitadas, por vía linfática.

En definitiva, la porción total de contaminante absorbida por vía inhalatoria dependerá de su concentración en la atmósfera de trabajo, del tiempo de exposición y de la ventilación pulmonar.

Vía dérmica

Los contaminantes pueden entrar en el organismo a través de toda la superficie epidérmica de la piel, que es una cubierta de espesor variable que envuelve al organismo. Su función no es exclusivamente protectora, sino también metabólica, siendo capaz de segregar sustancias que protegen metabólicamente de agentes químicos y microbianos. La facilidad con que una substancia se absorbe a través de la piel, depende fundamentalmente de sus propiedades químicas (capacidad de disolverse en agua o en grasas) y del estado de la propia piel. Así por ejemplo una piel cuya epidermis no esté intacta ofrece una menor resistencia al paso del tóxico. Un detalle a tener en cuenta es que la ropa de trabajo impregnada con alguna substancia química puede originar la intoxicación por vía dérmica. La circulación periférica de la sangre, cuyo aumento puede provocarlo la temperatura ambiente y la carga física del trabajo, ayuda a una mejor distribución del tóxico por todo el cuerpo.

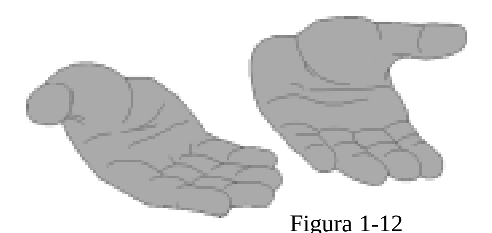


Figura 1-12

Los tóxicos que ingresan en el organismo por esta vía, deben atravesar una serie de “capas” hasta llegar a las terminaciones capilares, pudiendo incorporarse a la sangre para ser de este modo distribuidos por todo el cuerpo. La superficie de penetración es importante, así como el estado de integridad de la piel, que puede estar debilitada por lesiones o por la acción de disolventes capaces de eliminar las grasas naturales que protegen su superficie. También la temperatura y la sudoración pueden influir en la absorción del tóxico a través de la piel.

La vía cutánea es la segunda en importancia desde el punto de vista laboral y aunque la piel suele ser una buena barrera que impide el paso de los contaminantes químicos a la sangre, existen diversas sustancias para las que resulta bastante permeable. Entre dichas sustancias se encuentran algunos disolventes orgánicos (n- butanal, 2-butoxietanol, tolueno,etc.), así como ciertos compuestos inorgánicos, como algunos derivados de cromo hexavalente, que además de penetrar en el organismo por esta vía pueden producir un daño local en la piel, conocido como **dermatitis de contacto**. Este efecto también es producido por numerosas sustancias que no llegan a ser absorbidas por la piel.

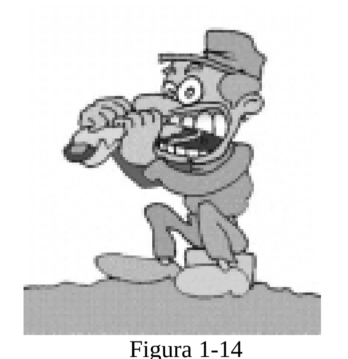


Figura 1-13

La absorción a través de la piel debe tenerse muy presente en Higiene Industrial, ya que su contribución a la intoxicación suele ser significativa y para algunas sustancias es incluso vía principal de penetración. La temperatura y la sudoración pueden influir en la absorción de tóxicos a través de la piel.

Vía digestiva

Se entiende como tal el sistema formado por la boca, el estómago e intestinos. Generalmente se considera de poca importancia, salvo en casos de intoxicación accidental, o cuando se come, bebe o fuma en el puesto de trabajo. No obstante es preciso


Figura 1-14

tener en cuenta los contaminantes que se pueden ingerir disueltos en las mucosas del sistema respiratorio y que pasan al sistema digestivo siendo luego absorbidos en éste.

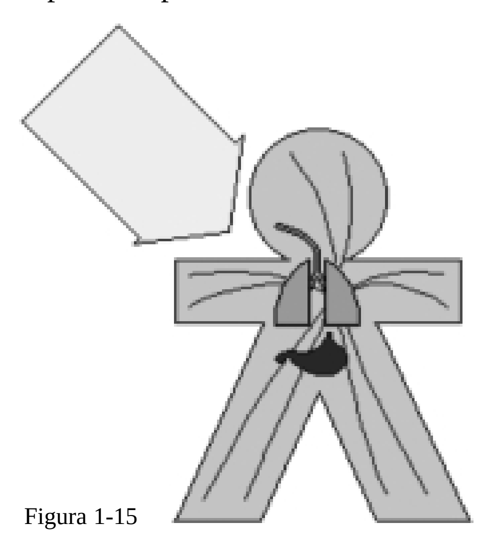
La ingestión de substancias químicas durante el trabajo suele ser un hecho involuntario, que casi siempre va asociado a prácticas poco higiénicas, como fumar, comer o beber en el puesto de trabajo. En general, esta vía no tiene mucha importancia en Higiene Industrial, en determinados casos debe tenerse en cuenta, por ejemplo, cuando el contacto entre el individuo y la substancia es continuo y ésta se encuentra en forma de polvo. La dosis absorbida por el organismo puede verse incrementada en estas situaciones debido a la ingestión del tóxico.

El recorrido de las substancias desde la cavidad oral, pasando por el estómago e intestinos, origina diversos grados de absorción, dependiendo de las características del producto. Esto se debe a las distintas substancias químicas que habitan en el tubo digestivo como ayuda a la digestión y que originan un "ambiente" químico diferente a lo largo del mismo.

El aseo personal, así como la prohibición de comer, beber o fumar en los puesto de trabajo, minimiza la entrada del contaminante por esta vía.

Vía parenteral

Es la penetración directa del tóxico en la sangre, a través de una discontinuidad de la piel por ejemplo, a través de una herida. Constituye la vía de entrada más grave e importante para los contaminantes biológicos.

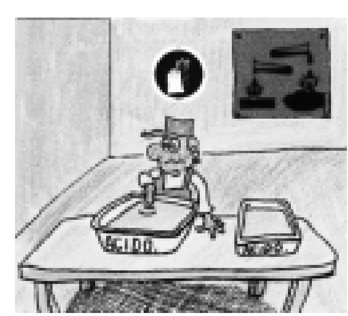

Figura 1-15

Debe tenerse en cuenta cuando existen heridas en la piel o en aquellos casos en los que es posible la inoculación directa del tóxico.

Su carácter es mayoritariamente accidental y tiene importancia en aquellos casos en que se manejan objetos punzantes con regularidad (por ejemplo, agujas hipodérmicas en centros sanitarios o laboratorios). Sin embargo ha de ser tomada muy en cuenta en estas ocasiones ya que el tóxico puede pasar directamente al torrente circulatorio sin que apenas existan barreras que se lo impidan.

CONTAMINANTES TÓXICOS Y SUS FORMAS DE ACCIÓN

El estudio de los efectos fisiológicos que los contaminantes producen sobre el organismo humano compete a la Medicina del Trabajo, pero de todas formas conviene señalar de forma general cuáles son estos efectos para completar la formación técnica en esta materia.


Figura 1-16

El contaminante puede ser absorbido, distribuido, acumulado, metabolizado y eliminado por el organismo. Hay que tener en cuenta que muchos compuestos pueden generar más de un efecto.

Los contaminantes químicos pueden ser clasificados según los principales efectos sobre el organismo:

Efectos	
Corrosivo	Destrucción de los tejidos sobre los que actúa el tóxico
Irritantes	Irritación de la piel o las mucosas en contacto con el tóxico
Neumoconióticos	Alteración pulmonar por partículas sólidas
Asfixiantes	Desplazamiento del oxígeno del aire o alteración de los mecanismos oxidativos biológicos
Anestésicos y Narcóticos	Depresión del sistema nervioso central. Generalmente el efecto desaparece cuando desaparece el contaminante
Sensibilizantes	Efecto alérgico del contaminante ante la presencia del tóxico, aunque sea en pequeñísimas cantidades (Asma, Dermatitis)
Cancerígenos mutógenos y teratógenos	Producción de cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones en la descendencia respectivamente
Sistémicos	Alteraciones de órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, etc).

Tabla 1-1: TIPOS DE EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES QUIMICOS

Tóxicos sistémicos: Son compuestos que actúan sobre órganos determinados que se encuentran a cierta distancia de las vías de entrada (la mayoría de los disolventes orgánicos pertenecen a este grupo). Sus efectos son aditivos. Ejemplos: insecticidas, metanol, plomo, hidrocarburos aromáticos, etc.

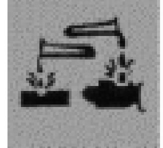
Anestésicos o Narcóticos.

Compuestos que actúan sobre el sistema nervioso central, limitando la actividad cerebral. En general son substancias liposolubles, que tienen pues, la facilidad para intervenir dado el carácter lipídico de parte del cerebro. Los más conocidos son los disolventes, de gran uso industrial. Especialmente importante resulta la exposición a estos contaminantes cuando va acompañada de hábitos personales como el consumo de alcohol, ya que puede producir aditividad de efectos.



Figura 1-17

Irritantes: Son compuestos que atacan el tejido con el que entran en contacto, pudiendo afectar a la piel, vías respiratorias y ojos (producen una inflamación debida a una acción química o física). Aunque pueden tratarse de irritantes dérmicos, en general se refiere a aquellos que al ser inhalados producen irritación de las vías respiratorias Suelen ser sustancias muy reactivas y la gravedad del efecto viene dada por su concentración y no por el tiempo de exposición; por tanto sus "TLV" suelen ser "valores techo". Ejemplo: ácidos, bases, halógenos, dióxido de nitrógeno, fosgeno, etc. Los compuestos muy solubles en agua dañan los tejidos que conforman el interior de las vías respiratorias superiores (por ejemplo, el ClH), mientras



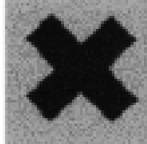


Figura 1-18

que los poco o muy poco solubles, además de este efecto, pueden dañar el tejido pulmonar (por ejemplo óxidos de nitrógeno).

Sensibilizantes.

Producen reacciones alérgicas en aquellos individuos expuestos a ellos, que pueden traducirse en afecciones dérmicas o respiratorias. El sistema inmunológico de estas personas pone en marcha el mecanismo de defensa frente a las substancias sensibilizantes. Las erupciones en la piel o las crisis asmáticas son ejemplos de estos efectos.



Figura 1-19

Los más peligrosos son los sensibilizantes respiratorios, como los componentes de la familia de los isocianatos, ampliamente utilizados en la fabricación de espumas, pinturas…

El problema que presentan se agrava si se tiene en cuenta que prácticamente no existe una concentración segura para trabajar con ellos, pudiendo producirse la sensibilización en aquellos individuos a muy bajas concentraciones. La única medida preventiva para los individuos afectados es evitar el contacto con estos productos. A menudo, eso significa el cambio del puesto de trabajo.

Neumoconióticos: Son compuestos en forma de polvo que se adhieren al pulmón y mediante un estímulo irritativo hacen que el parenquima pulmonar se endurezca, reduciendo la capacidad pulmonar, impidiendo la difusión del oxígeno. Existen varias enfermedades de tipo neumoconiótico, como la siderosis debido al “Fe” o la aluminosis debido al Aluminio. Mayor gravedad ofrece la silicosis, producida por partículas de sílice libre cristalina o la asbestosis generada por fibras de asbesto. La acumulación de estos compuestos en los pulmones da lugar, cuando los mecanismos de eliminación del organismo no son suficientes, a problemas respiratorios debidos a la merma de flexibilidad del tejido pulmonar.

Corrosivos: Son los productos que producen un ataque químico sobre el tejido sobre el que contactan. Los más conocidos son los ácidos. Desde un punto de vista preventivo, la acción de un compuesto corrosivo suele ser accidental, al entrar en contacto con la piel, pero actúan como potentes irritantes si son inhalados.

Asfixiantes simples: Son gases inertes que sin presentar ningún efecto específico si se encuentran en determinada cantidad desplazan al oxígeno del local de trabajo, pudiendo provocar asfixia si la concentración de oxígeno desciende por debajo del 17%, por ejemplo dióxido de carbono, nitrógeno, etc. En el caso del monóxido de carbono forma la carboxihemoglobina (molécula que transporta el oxígeno de la sangre), provocando también déficit de oxígeno en las células.

Asfixiantes químicos: Actúan entrando en la sangre, combinándose con ella a través de los pulmones, no dejando que se realice correctamente el suministro normal de oxígeno a los tejidos (monóxido de carbono, ácido cianhídrico).

Productores de dermatitis: Sustancias que independientemente de que pueden ejercer otros efectos tóxicos sobre el organismo, en contacto con la piel originan cambios en la misma, principalmente irritación primaria y/o sensibilización alérgica.

Además podemos considerar efectos del tipo: Alérgico, Cancerígeno, Infeccioso y/o parasitario, Lesivo y/o atrofiante, Corrosivo, Mutágeno, etc.

Alergenos: Son aquellas sustancias capaces de desencadenar en el organismo una reacción antígeno-anticuerpo descontrolada. No afecta a la totalidad de individuos y sólo se presentan en individuos previamente sensibilizados. (Ej.: isocianatos, polvo de ciertas maderas tropicales, etc.).

Carcinógenos: Son sustancias capaces de inducir proliferación celular desordenada. (Ej.: amianto, benceno, compuestos hexavalentes de cromo, etc.)

Teratógenos: Sustancias que provocan malformaciones congénitas (Ej.: dioxinas, iperita o gas mostaza, etc.).

Mutágenos: Son aquellas sustancias que, actuando sobre el material genético, provocan alteraciones hereditarias. Muchos mutágenos son cancerígenos (Ej.: benzo-a-pireno).

Efectos combinados:
Otro aspecto importante es que cuando en un medio laboral existen varios contaminante se pueden presentar efectos simples (los producidos por cada contaminante aislado), efectos aditivos (los producidos por varios contaminantes sobre un mismo órgano) y efectos sinérgicos o potenciadores (cuando varios contaminantes multiplican su interacción mutua).

Tipo de efecto		Contaminante
Neumoconióticos		Sílice. Amianto. Polvo de algodón
Irritantes	Tracto respiratorio Superior	Acido sulfúrico. Acido clorhídrico. Acido nítrico. Hidróxido sódico. Formaldehído.
	Tracto respiratorio superior y tejido pulmonar	Ozono. Cloro. Dióxido de nitrógeno. Fosgeno. Sulfato de etilo.
Asfixiantes	Simples	Dióxido de carbono. Butano. Nitrógeno.
	Químicos	Monóxido de carbono. Acido cianhídrico. Plomo.
Anestésicos y narcóticos		Tolueno. Xilenos. Acetona. Etanol. Eter etílico.
Sensibilizantes		Isocianatos. Fibras vegetales. Formaldehído. Polvo de madera Aminas aromáticas.
Cancerígenos		Benceno. Cloruro de vinilo. Amianto. Bencidina y derivados. Cadmio y compuestos. Berilio.
Tóxicos sistémicos	Sistema nervioso. central	Alcohol metílico. Mercurio. Manganeso. Sulfuro de carbono
	Riñón	Cadmio y compuestos. Manganeso y compuestos. Plomo y compuestos.
	Hígado	Cloroformo Nitrosaminas
Corrosivos		Ácidos Álcalis

Tabla 1-2: CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS

POLVOS Y FIBRAS

A título ilustrativo aclararemos el concepto de polvo respirable, que permitirá una mejor comprensión del problema higiénico donde intervienen polvos.

El polvo se puede clasificar según su tamaño en **visible**, distinguible a simple vista con tamaño mayor de 30 micras, **sedimentable**, con tamaño entre 10 y 20 micras, inhalable con tamaño menor de 10 micras, **respirable**, que puede penetrar en los pulmones, con tamaño inferior a 5 micras.

El polvo puede ser por sus efectos:

Polvo neumoconiótico: Produce efectos irreversibles en el pulmón, denominados genéricamente neumoconiosis. Sus efectos dependen de su fracción respirable en sílice.

Polvo tóxico: Tienen una acción tóxica primaria en el organismo y sus efectos dependen de la cantidad total de polvo suspendido (polvos metálicos por ejemplo óxido de plomo que produce saturnismo).

Polvo cancerígeno: Es todo polvo que puede inducir un tumor maligno en el hombre y someterlo a una determinada dosis, por ejemplo asbestos, ácido crómico, níquel, etc.

Polvo inerte: No contiene ningún compuesto tóxico y los productos neumoconióticos están en porcentaje inferior al 1%. La ACGIH los denomina PNCOF (partículas no clasificadas de otras formas) a las que asigna un TLV de 10 mg/m^3 de polvo total no conteniendo amianto y menos del 1% de sílice cristalina.

Por su forma:

Fibras: Son aquellas partículas cuya longitud es superior a 3 veces su diámetro medio (algodón, cáñamo, amianto, etc.). Pueden ser:

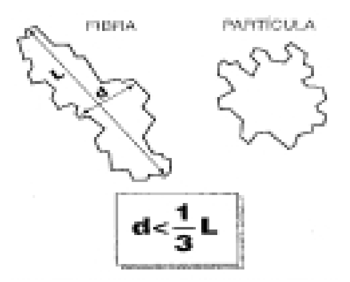


Figura 1-20

Por su composición:

Animales: Plumas, pelos, cuero, huesos
Vegetales: Polen, cereales, paja, tabaco
Minerales: Metales, asbestos

Por “fracción respirable” se entiende la parte de polvo total suspendida en el aire que alcanza, por su pequeño tamaño, los alvéolos pulmonares depositándose en ellos. El resto es retenido por las mucosas del aparato respiratorio o sedimentan por gravedad.

Vemos pues que en el caso de la contaminación por polvo la determinación del riesgo higiénico vendrá dada por los siguientes factores:

Composición química del polvo
Tamaño de las partículas
Concentración en el aire
Tiempo de exposición

Conviene entonces matizar que el muestreo que se emplee para determinar el riesgo deberá realizarse de forma selectiva dependiendo del tamaño de la partícula o tipo de polvo“: polvo total” o “polvo respirable”, significando que los valores TLV’s vienen expresados como polvo total, salvo que se indique expresamente como “polvo respirable”.

GASES Y VAPORES

Algunos ejemplos de gases o vapores son:

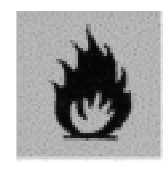
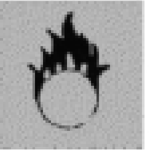
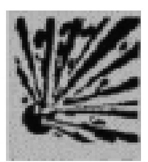




Figura 1-21

El **monóxido de carbono** es un gas incoloro, inodoro e insípido algo menos denso que el aire por lo que se difunde rápidamente.

Se produce siempre que tiene lugar una combustión incompleta de carbón.

Sus efectos se deben a que su afinidad por la hemoglobina de la sangre es unas 300 veces mayor que la del oxígeno del aire, con lo que impide el transporte por la sangre del oxígeno de los pulmones a las células, produciendo una asfixia química.

El **dióxido de azufre** es un gas incoloro, olor picante; se emplea como agente blanqueante y en la obtención del ácido sulfúrico; se desprende en procesos de combustión ya que el azufre siempre acompaña a los carbones y petróleos. Muy soluble en agua causa irritaciones del sistema respiratorio superior.

Los óxidos de nitrógeno se obtienen como subproducto en la fabricación de productos nitrosos, colorantes, explosivos, fertilizantes. Producen irritación del sistema respiratorio superior y edema pulmonar.

El **mercurio** es el único metal líquido y se evapora fácilmente incluso a temperatura ambiente. Produce la enfermedad de hidragirismo.

Cloro y sus derivados, constituyen un grupo de sustancias irritantes. El cloro es un gas amarillento verdoso de olor muy característico, más pesado que el aire. Se utiliza en la depuración de aguas y como materia prima para derivados clorados. El óxido de cloro es un gas rojizo y es muy reactivo y muy tóxico.

Los **vapores de plomo** son un tóxico muy peligroso que se encuentra principalmente en las industrias de fundición de plomo, plata y cinc, fabricación de minio, porcelana, vidrios, etc. El plomo desprende gran cantidad de vapores a 500 ºC y produce una grave enfermedad: el saturnismo.

El **amoniaco** se emplea en refrigeración en circuito cerrado y en la fabricación de abonos y explosivos; se desprende en la descomposición de sustancias nitrogenadas, en aguas negras, etc. Muy soluble en agua causa una fuerte irritación en las mucosas del aparato respiratorio.

Los cianuros tienen una toxicidad derivada de su capacidad de desprender **ácido cianhídrico** que inhibe la oxidación de la sangre por inactivación de las enzimas respiratorias. El ácido cianhídrico tiene un olor muy característico a almendras amargas, muy tóxico y puede penetrar en el organismo por inhalación, ingestión y por la piel.

DISOLVENTES

Son una serie de sustancias, generalmente orgánicas, que se utilizan para desengrasar, en pinturas y barnices, etc. Dada su elevada presión de vapor se encuentran en todos los ambientes donde se utilizan, incluso a temperatura ambiente.

Suelen ser mezclas de diferentes compuestos químicos y no suelen ser solubles en agua; suelen ser sustancias combustibles, dando lugar muy fácilmente a mezclas inflamables.



Figura 1-22

Su toxicidad vendrá dada por su máximo valor de concentración en el aire admisible; sin embargo debemos tener en cuenta también que a más presión de vapor del producto más cantidad de él existirá en el ambiente. Por tanto se define el índice de peligrosidad de un disolvente dividiendo su presión de vapor entre su valor de concentración admisible TLV-TWA.

La toxicidad de los disolventes acuosos está dada por las sustancias añadidas al agua, como ácidos, álcalis, oxidantes, reductores, etc. Pueden presentarse riesgos en contactos accidentales, como consecuencia de la existencia de nieblas, etc. y en general ocasionan irritaciones del sistema respiratorio.

CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN A LA HIGIENE INDUSTRIAL

CONCEPTO Y FUNCIONES DE LA HIGIENE DEL TRABAJO

Según la American Industrial Hygienist Assocciation (A.I.H.A.), la Higiene Industrial es la “Ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanados o provocados por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de una comunidad”.

Suele definirse también como una técnica no médica de prevención, que actúa frente a los contaminantes ambientales derivados del trabajo, al objeto de prevenir las enfermedades profesionales de los individuos expuestos a ellos.

Para conseguir su objetivo la higiene basa sus actuaciones en:

Reconocimiento de los factores medioambientales que influyen sobre la salud de los trabajadores, basados en el conocimiento profundo sobre productos (contaminantes), métodos de trabajo procesos e instalaciones (análisis de condiciones de trabajo) y los efectos que producen sobre el hombre y su bienestar.

Evaluación de los riesgos a corto y largo plazo, por medio de la objetivación de las condiciones ambientales y su comparación con los valores límites, necesitando para ello aplicar técnicas de muestreo y/o medición directa y en su caso el análisis de muestras en el laboratorio, para que la mayoría de los trabajos expuestos no contraigan una enfermedad profesional.

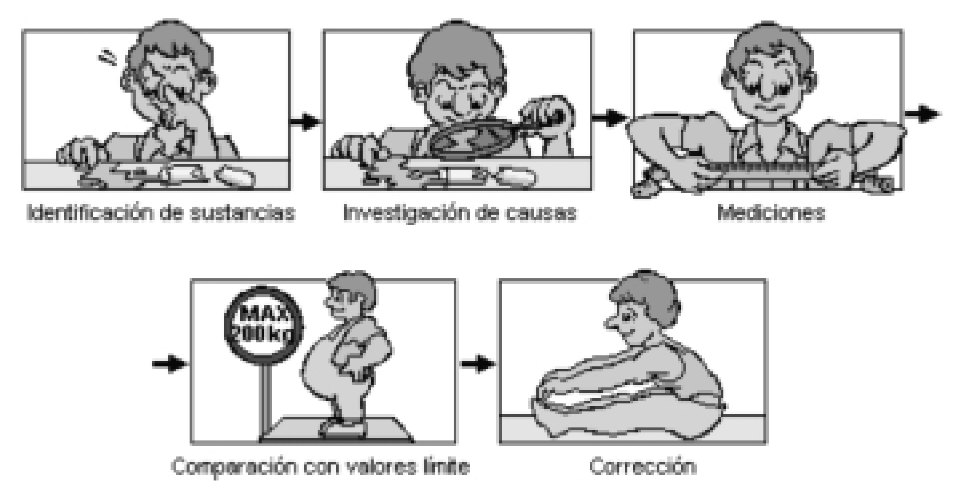


Figura 2-1

Control de los riesgos en base a los datos obtenidos en etapas anteriores, así como de las condiciones no higiénicas utilizando los métodos adecuados para eliminar las causas de riesgo y reducir las concentraciones de los contaminantes a límites soportables

para el hombre. Las medidas correctoras vendrán dadas, según los casos, mediante la actuación en el foco, trayecto o trabajador expuesto.

Unidades de medida

La concentración de materia contaminante en el aire de origen químico y susceptible de provocar un daño a la salud es extremadamente baja; quiere esto decir que debemos emplear unidades de medida capaces de ponderar esos bajos valores absolutos.

Por otra parte, también es necesario emplear las unidades adecuadas para los agentes físicos. Por todo ello existe cierta terminología que se debe conocer:

p.p.m. Partes por millón expresadas volumétricamente y medidas a 25ºC y 760 mm de Hg.
mg/m³ Miligramos por metro cúbico. Expresa la concentración en forma gravimétrica.
m.p.p.c.f. Millones de partículas por pie cúbico.
p.p.c.c Partículas por centímetro cúbico.
dB Decibelio (medida de nivel de presión acústica)
lux Intensidad de iluminación recibida
µm micra, millonésima parte del m.
µg microgramo, millonésima parte del gramo
µl microlitro, millonésima parte del litro
mg miligramo
m³ metro cúbico
atm Atmósfera = 760 mm. Hg
Factores de conversión y equivalencia

$$mg/m^3 = 0.041 \times ppm \times Pm$$

donde Pm = Peso molecular de una sustancia en g/mol medida a 25ºC y 760 mmHg de presión y supuesto comportamiento ideal.

$$\text{TLV en } mg/m^3 = \frac{(\text{TLV en ppm}) \times (\text{Pm de la sustancia en gramos})}{24.45}$$

recíprocamente, la ecuación para convertir los valores TLV mg/m3 en ppm es:

$$\text{TLV en ppm} = \frac{(\text{TLV en } mg/m^3) \times (24.45)}{(\text{Pm de la sustancia en gramos})}$$

donde 24.45 es el volumen molar en litros y Pm el peso molecular.

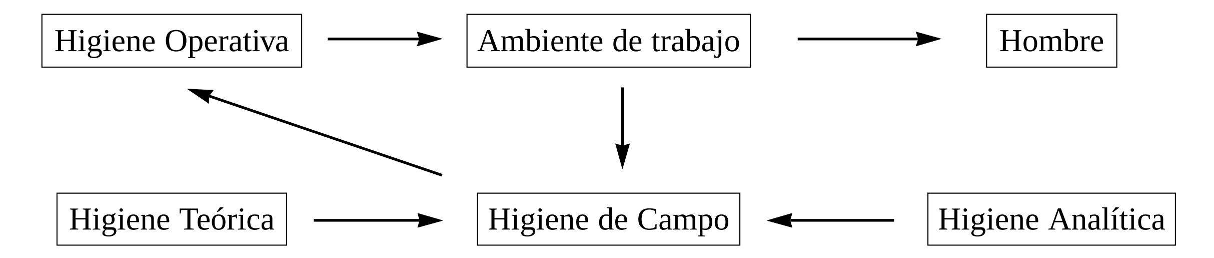
p.p.c.c = 35.5 x m.p.p.c.f.

p.p.m.= % x 10^4 (% en volumen de un gas o vapor contaminante del aire)

mg/m³ = 0.52 x p.p.c.c. x d x D³ (en sólidos, d=densidad y D=diámetro)

La higiene del trabajo para evaluar y corregir las condiciones medioambientales partiendo de criterios de validez general se desarrolla a través de:

- ***La Higiene Teórica***
- ***La Higiene de Campo***
- ***La Higiene Analítica***
- ***La Higiene Operativa***



Como veremos por las funciones que competen a cada una será preciso la actuación conjunta de todas ellas ya que se encuentran íntimamente ligadas entre sí.

RAMAS DE LA HIGIENE INDUSTRIAL

Higiene teórica

Se encarga del estudio de los contaminantes y su relación con el hombre a través de estudios epidemiológicos y experimentación humana o animal, con el objeto de estudiar las relaciones dosis-respuesta o contaminante-tiempo, para establecer unos valores estándar de concentración de sustancias en el ambiente y unos periodos de exposición a los cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar continuamente expuestos dentro de su jornada laboral sin que se produzcan efectos perjudiciales para la salud.

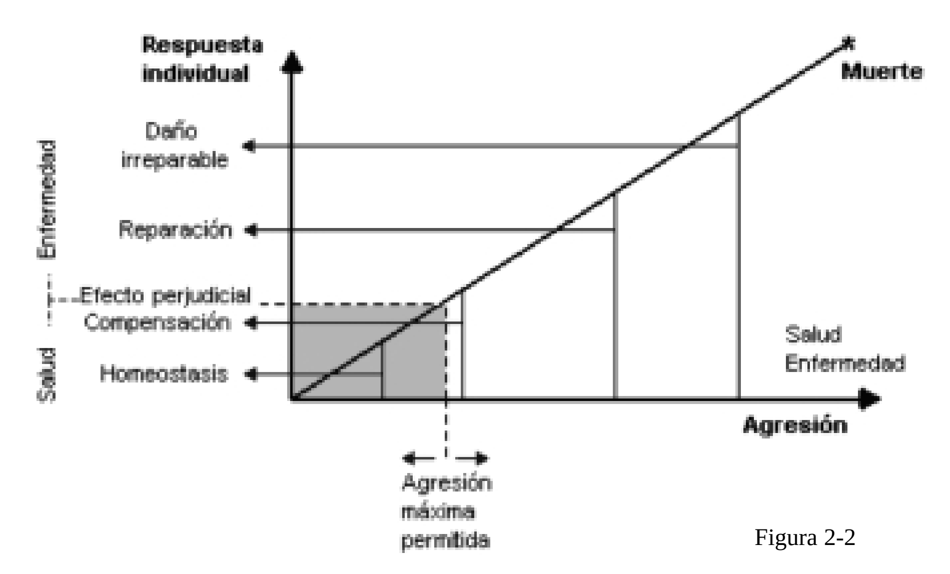


Figura 2-2

Para la fijación de los valores estándar se actúa a dos niveles:

1. A nivel de laboratorio: sometiendo a seres vivos a los efectos de contaminantes que se estudian y determinando las alteraciones funcionales que experimentan para posteriormente extrapolar estos resultados y aplicarlos al hombre.

2. A nivel de campo: recogiendo información sobre los compuestos que se manipulan en los procesos industriales.

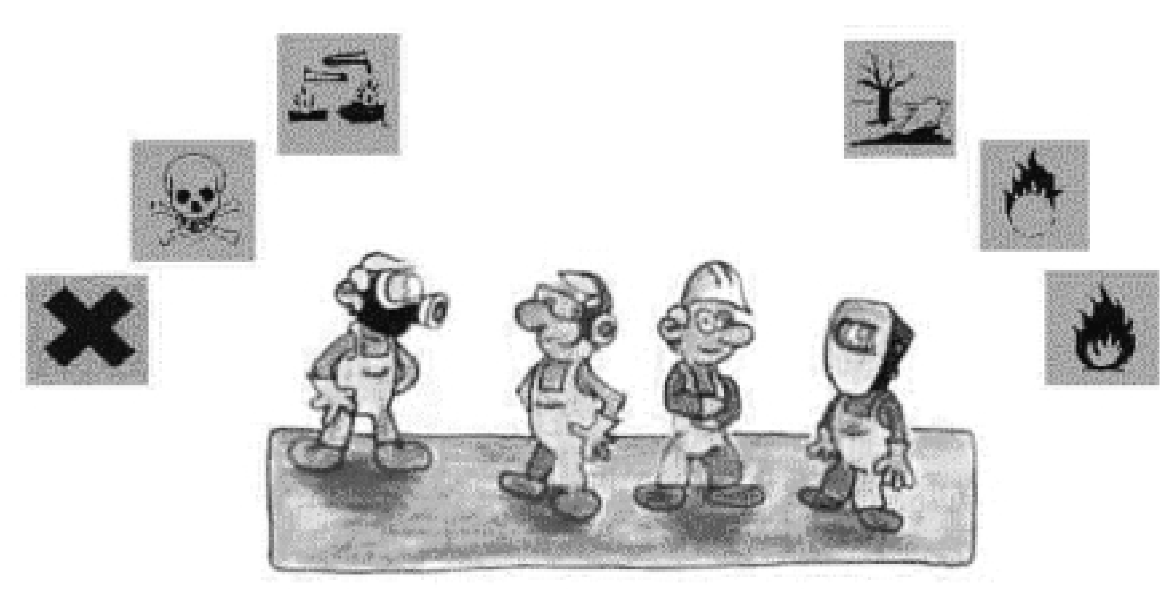


Figura 2-3

Criterios de valoración del riesgo higiénico

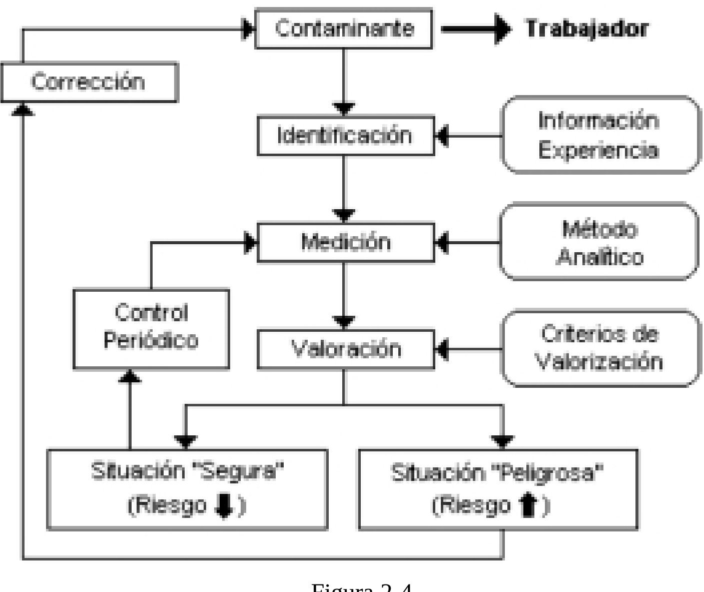


Figura 2-4

El conocimiento de la cantidad de contaminante o concentración existente en un medio laboral, unido al tiempo de exposición al mismo, permitirá al experto en Higiene del Trabajo, por comparación con los valores estándar suministrados por la higiene teórica, evaluar el riesgo existente en un determinado puesto de trabajo.

La determinación de los valores estándar depende de los criterios de valoración elegidos, siendo los más utilizados en los distintos países aquellos que han tenido su origen en las investigaciones realizadas en este campo por los Estados Unidos y la antigua URSS.

La diferencia fundamental entre ambos criterios viene dada por su distinta concepción filosófica del riesgo higiénico y sus consecuencias para la salud:

País	Organismo	Límite promediado en el tiempo	Límite de corta duración	Valor techo	Límites de excursión	Absorción por vía dérmica	Cancerígeno	Alergizante	Riesgo para el embarazo
Estados Unidos	N.I.O.S.H.	REL-TWA 10 h. / día		REL-CEILING 15 min.		Notación específica	Notación específica		
	A.C.G.I.H.	TLV-TWA 8h./día y 40 h./semana	TLV-STEL 15 min. <4 veces/día 60 min. inter periodos	TLV-CEILING Conc. Max. (Análisis 15 min.)	3xTWA <30 min./ jornada 5xTWA máx.	Notación específica	A1: Confirmado para el hombre A2: Sospechoso para el hombre		
	O.S.H.A.	PEL-TWA 8 h./día y 40 h./semana	PEL-STEL 15 min.	PEL-CEILING Conc. Max. (Análisis 15 min.)		Notación específica			
Alemania	D.F.G.	MAK 8 h./día y 40 h./semana			Cinco categorías I-V	Notación específica	A1: Probado en el hombre A2: Probado en animales B: Sospechoso	Notación específica	Notación específica Cuatro grupos: A,B,C,D,
Reino Unido	H.S.C.	MEL y OES 8 h./día	MEL y OES 8 h./día			Notación específica			
Suecia	N.B.O.S.H.	LLV 8 h./día	STV 15 min.	CLV 15 min.		Notación específica	Notación específica	Notación específica	

DFA: Deutsche Forschunggemeinschaft; MAK: Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen
HSC: Health and Safety Commission; MEL: Maximun Exposure Limits; OES: Occupational Exposure Standards
NBOSH: National Board of Occupational Safety and Health; LLV: Level Limit Value; STV: Short Term Value; CLV: Ceiling Limit Value

Tabla 2-1: TIPOS DE VALORES LIMITE EN DISTINTOS PAISES

– En la antigua URSS se siguió el criterio de no permitir ni tolerar la exposición ante cualquier sustancia que produzca algún cambio fisiológico en el hombre susceptible de ser medido, aunque sea reversible y con independencia de su viabilidad económica o cualquier otro factor.

– Estados Unidos, por el contrario, sigue el criterio de tolerar la exposición siempre que en la mayoría de las personas expuestas a determinadas concentraciones, día tras día, no se produzcan efectos perjudiciales para su salud, aunque lógicamente ello dependerá de la susceptibilidad de los trabajadores expuestos.

Los valores estándar según este último criterio están referidos a un individuo estadísticamente medio, para un ciclo de trabajo de 8 horas/día y cinco días a la semana y para un periodo de exposición de 30 a 40 años.

Los valores límites umbrales (TLV´s) se refieren a concentraciones de sustancias en el aire y representan condiciones bajo las cuales se puede confiar que la mayoría de trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. No obstante, a causa de la gran variación que existe en la susceptibilidad individual, un pequeño porcentaje de trabajadores puede experimentar alteraciones frente a alguna

substancia a concentraciones iguales o menores que los valores límite, y un porcentaje todavía menor puede ser afectado más seriamente por agravación de unas condiciones preexistentes o por el desarrollo de una enfermedad profesional.

Fumar tabaco es peligroso por varias razones; el fumar puede aumentar los efectos biológicos de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo y puede reducir los mecanismos de defensa del cuerpo frente a sustancias tóxicas.

Los individuos también pueden ser hipersusceptibles u otro tipo de respuestas inusuales a algunos agentes químicos industriales, debido a factores genéticos, edad, hábitos personales como fumar, medicación o exposiciones anteriores. Cada trabajador puede no estar adecuadamente protegido contra los efectos adversos para la salud de ciertos agentes químicos a concentraciones incluso por debajo del valor límite umbral. Un médico especialista en medicina del trabajo debería evaluar el número de trabajadores que requieren protección individual.

Los valores límite umbral TLV se basan en la mejor información disponible procedente de la experiencia industrial, experimentación con animales y experimentación humana, e incluso de una combinación de las tres fuentes. La base sobre la que se han establecido los valores puede variar de una sustancia a otra.

La entidad y naturaleza de la información disponible para establecer los valores TLV varía de una sustancia a otra; por tanto, la precisión de esos valores está sujeta a variación y debería consultarse la documentación más reciente para asesorarse sobre el contenido y extensión de los datos disponibles para una determinada sustancia.

Esos límites han sido elaborados para su uso en la práctica de la higiene industrial a título de recomendaciones sobre el control de peligros potenciales para la salud y no para otros usos como, por ejemplo, control de daños a la comunidad por contaminación del aire, estimación del potencial tóxico para exposiciones ininterrumpidas, como prueba o refutación de una condición física o enfermedad existente, etc.

Estos límites no son una frontera definida entre la concentración segura y la peligrosa, ni tampoco son un índice relativo de toxicidad y no deberán ser utilizados por personas sin preparación en la disciplina de la higiene industrial.

Los valores límite umbral (TLV) emitidos por la ACGIH son recomendaciones y deberán utilizarse como directrices para obtener buenos procedimientos. A pesar del hecho de que no es probable que lesiones graves sean consecuencia de exposiciones a concentraciones límite umbral, el mejor procedimiento es mantener las concentraciones de todos los contaminantes atmosféricos tan bajas como sea posible.

De acuerdo con los criterios expuestos los valores límites de referencia más utilizados en los diferentes países son:

Antigua URSS

Concentración máxima permitida (MAK). Concentraciones máximas permitidas que no pueden ser rebasadas en ningún momento. Son valores muy "seguros" desde el punto de vista preventivo, pero técnicamente difíciles de cumplir hoy día.

Estados Unidos y países occidentales

Entre los más conocidos criterios de valoración figuran los propuestos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) y por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

El criterio propuesto por la ACGIH se basa en los denominados TLV's (TLV-TWA, TLV-C y TLV-STEL) y BEIs

El criterio propuesto por el NIOSH se basa en los denominados valores REL (REL-TWA y REL-C)

Media ponderada en el tiempo (TLV-TWA) (Threshold Limit Value-Time Weighted Average). (La denominación de TLV-TWA de la ACGIH está registrada). Concentración media ponderada en el tiempo a que puede estar sometida una persona normal durante 8 horas al día o 40 horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. Se utiliza para todo tipo de contaminante.

Los valores TLV-TWA permiten desviaciones por encima siempre que sean compensadas durante la jornada de trabajo por otras equivalentes por debajo y siempre que no se sobrepasen los valores TLV-STEL

Límite de exposición para cortos periodos de tiempo (TLV-STEL) (Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit). Concentración máxima a la que pueden estar expuestos los trabajadores durante un período continuo de hasta 15 minutos sin sufrir trastornos irreversibles o intolerables, La exposición a esta concentración está limitada a 4 veces por día, espaciadas al menos en una hora, y sin rebasar en ningún caso el TLV-TWA diario.

Es la concentración máxima a la cual los trabajadores pueden estar expuestos por un corto período de tiempo sin sufrir a) irritación, b) cambios crónicos o irreversibles en tejidos orgánicos c) narcosis en grado suficiente para incrementar la propensión al accidente, impedir el propio rescate, o reducir materialmente la eficiencia en el trabajo.

Para aquellas sustancias de las que no se disponen de datos relativos a valores STEL, los niveles de exposición de los trabajadores no deben superar:

3 TLV-TWA durante 30 minutos en la jornada de trabajo

5 TLV-TWA bajo ningún concepto

Valor techo (TLV-C) (Threshold Limit Value-Ceiling). Corresponde a la concentración que no debe ser rebasada en ningún momento. En la práctica convencional de la higiene industrial, si no es factible el control instantáneo, puede evaluarse efectuando muestras cada 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritación inmediata en exposiciones más breves. Coincide con el concepto MAK anteriormente aludido.

Para algunas substancias como, por ejemplo, gases irritantes solamente puede ser relevante una categoría: el TLV-C.

Índice biológico de exposición (BEI). Se utiliza para valorar la exposición a los compuestos químicos presentes en el puesto de trabajo a través de medidas apropiadas en las muestras biológicas tomadas al trabajador, pudiendo realizarse la medida en el aire exhalado, orina, sangre y otras muestras biológicas tomadas al trabajador expuesto.

Los valores fijados para los TLV son objeto de modificación a medida que existen nuevos conocimientos sobre los efectos que los contaminantes producen para la salud.

Declaración de principios para el uso de los TLV´s y BEI´s

La ACGIH publica periódicamente la relación actualizada de sus TLV's, para todo tipo de contaminante, en la que se incluyen concentraciones y tiempos de exposición para más de 500 sustancias y contaminantes físicos que afectan la salud de los trabajadores. Las sustancias cancerígenas se indican específicamente con la letra A, seguida de los números 1 ó 2 según esté probado que resulta cancerígeno para las personas o sólo existan sospechas.

Los valores límite umbral (TLV's) y los índices biológicos de exposición (BEI´s) han sido desarrollados como guías para ayudar en el control de los riesgos para la salud y utilizarlas en la práctica de la higiene industrial.

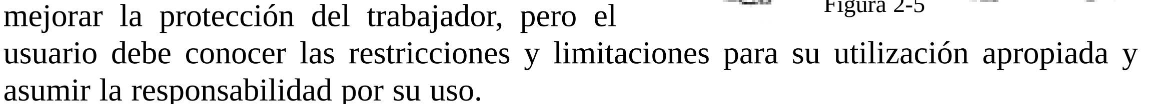


Figura 2-5

Deben ser interpretadas y aplicadas solamente por personas expertas en esta disciplina.

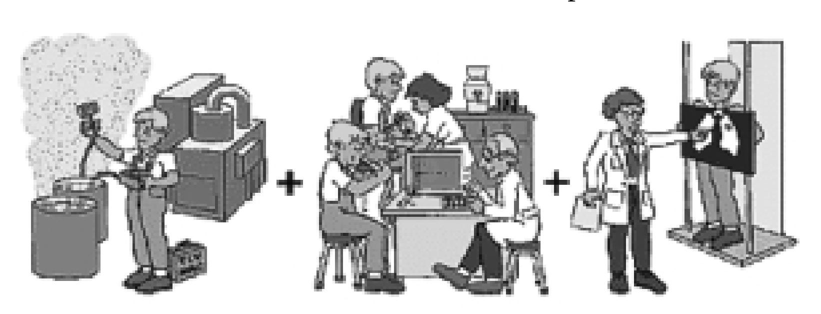
No están pensadas para ser usadas como estándares legales.

A veces se utilizan en los programas de seguridad y salud laborales para contribuir a mejorar la protección del trabajador, pero el usuario debe conocer las restricciones y limitaciones para su utilización apropiada y asumir la responsabilidad por su uso.

La extensión del uso de TLV´s y BEI´s a otras aplicaciones, como el uso sin el juicio de un higienista industrial, aplicación a diferentes poblaciones, desarrollo de nuevos modelos de tiempo de exposición/recuperación, etc. puede condicionar su bondad.

No es apropiado que organizaciones o personas utilicen los TLV´s o BEI´s para bajo sus conceptos imponer un determinado valor de los mismos a para transferir estos valores a los requerimientos estándares legales.

Insistimos en que los valores listados en el manual "Lista de TLV´s" están destinados a utilizarse en la práctica de la Higiene Industrial como guías o recomendaciones para el control de riesgos potenciales para la salud y no para otro uso. Los valores no son líneas definidas de separación entre la concentración segura y la peligrosa y no deben usarse por nadie no formado en la disciplina de higiene industrial. Es imperativo conocer la introducción a cada sección del manual antes de aplicar las recomendaciones contenidas en ellas.


Figura 2-6

Dado que puede ser que el cáncer sea un proceso de múltiples etapas influenciadas por diferentes causas, el concepto de concentración umbral permisible para una sustancia cancerígena es impreciso; cualquier contaminante o factor implicado que esté constatado como cancerígeno debe ser considerado, en el grado de conocimientos actuales, como peligroso.

Otros parámetros utilizados:

Nivel de acción (NA). Es una fracción del VLE y se ha fijado arbitrariamente como un valor por debajo del cual no se considera riesgo alguno.

Límite inmediatamente peligroso para la vida y la salud (IPVS) (En inglés IDLM). Es la máxima concentración a que puede estar sometida una persona durante no más de 30 minutos sin que le cause trastornos irreversibles. Por encima de dicho valor la persona puede tener daños irreversibles, e incluso puede sobrevenirle la muerte.

Conviene recalcar que la utilización de los diferentes valores límites de referencia sólo deberán ser aplicados por personas que posean conocimientos suficientes y experiencia en este campo (higienistas o expertos en higiene del trabajo).

Los valores TLV's publicados por la ACGIH son ampliamente aceptados por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) como valores PEL (Límites de Exposición Permisible), ya que los TLV's son marca registrada.

Criterios vigentes en España

Hasta 1961 con la promulgación por Decreto de presidencia de Gobierno de 30 de noviembre del "Reglamento de actividades molestas, nocivas, insalubres y peligrosas" no aparece en la normativa legal española un texto normativo que recoja niveles tolerados de contaminantes en el ambiente.

Figuran más de 150 sustancias químicas y sus correspondientes valores de Concentración Máxima Permisible (CMP) basados en los TLV´s de la ACGIH existentes en aquel momento. Posteriormente la legislación incluyó diferentes aspectos higiénicos cuantificables, pero que no han sido actualizados o que carecen de la coherencia y precisión que esta temática requiere.

Se comprende entonces el escaso o nulo apoyo legal que el higienista encontró en esta materia, por lo que en general, se utilizaron como criterios de valoración los valores de los TLV's americanos para aquellas sustancias que los tenían establecido.

Como normas positivas con especificaciones concretas en Higiene Industrial cabe citar:

Resolución de 15 de febrero de 1977 sobre el benceno. Empleo de disolvente y otros compuestos que lo contienen. (B.O.E. de 11 de marzo de 1977).

Real Decreto 1.316/89 de 27 de octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. (B.O.E. de 2 de noviembre de 1989).

Orden de 31 de octubre de 1984 por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto (B.O.E. de 7 de noviembre de 1984).

Orden de 9 de abril de 1986 por la que se aprueba el Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores en presencia

de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo (B.O.E. de 24 de abril de 1986).

Orden de 9 de abril de 1986 por la que se aprueba el Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores en presencia de Cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo (B.O.E. de 6 de mayo de 1986).

Sustancia	8 h / día	Comentarios
Amianto	1 fibra/cm^3 0.6 fibras/cm^3	Excepto crocidolita, prohibida. A partir de 1. 1.93, según Directiva 91/384/CEE
Plomo	150 pLg/m^3	Nivel de acción: 75 μg/m^3
Cloruro de vinilo	7 ppm	3 ppm promedio para 1 año

(*) Se establece el valor límite bioquímico de plumbemia de 70 μg/100 ml, considerándose «expuestos» a partir de 40, y se admiten valores entre 70 y 80 si se cumplen que la protoporfirina cinc en sangre (PPZ) es inferior a 20 μg/g hemoglobina, el ácido deltaaminolevulínico en orina (ALAU) es inferior a 20 μg/g creatinina y la dehidrasa del ácido deltaaminolevulínico en sangre (ALAD) es superior a 6 unidades europeas (UE).

Tabla 2-2: NORMATIVA PARA AMIANTO, PLOMO Y CLORURO DE VINILO

No obstante, desde mediados de 1999 el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo ha editado una publicación sobre los límites de exposición profesional para agentes químicos.

La Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo ha acordado recomendar:

Que se apliquen en los lugares de Trabajo los límites de exposición indicados en la guía del INSHT titulada "Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España" y que su aplicación se realice con los criterios establecidos en dicho documento.

Además se ha recomendado la máxima difusión de este documento así como las revisiones anuales necesarias.

Límites de exposición profesional para agentes químicos en España

Introducción

Las disposiciones relativas a la evaluación de riesgos de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y del Real Decreto 39/19 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios Prevención, implican la necesaria utilización de valores límite de exposición para poder valorar los riesgos específicos debidos a la exposición a agentes químicos

Como ya hemos visto, en la actualidad, la legislación española relativa a valores limite de exposición profesional se encuentra recogida en el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (RAMINP), aprobado por Decreto 2.414/1961, de

30 noviembre, y en otras disposiciones específicas más recientes relativas al benceno, al plomo metálico y compuestos inorgánicos, al cloruro de vinilo y a las fibras de amianto.

No obstante, la disponibilidad de nuevos datos toxicológicos, la evolución de la técnica y las numerosas sustancias y preparados existentes en el mercado han creado una situación de desfase del RAMINP, siendo, por este motivo, práctica común en nuestro país la aplicación de otros valores limite de exposición, en general más exigentes; habitualmente los valores Threshold Limit Values (TLV) de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de los EE.UU.

Paralelamente, la Directiva 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril de 1998, que Estados miembros han de trasponer a su ordenamiento jurídico antes del 5 mayo del 2001, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo impone a los Estados miembros el establecimiento de valores límite nacionales exposición profesional para los agentes químicos que tengan fijado un valor límite indicativo de exposición a escala comunitaria. Esta disposición está dirigida a la actualización y progresiva armonización de los limites de exposición profesional europeos, a medida que se vayan fijando dichos valores limite indicativos, pero basándose en la existencia o el establecimiento de listas de valores legales nacionales en cada Estado miembro.

Ante esta situación y de acuerdo con las disposiciones del Articulo 5 del citado Real Decreto 39/1997, el I.N.S.H.T. ha adoptado los valores límite de exposición profesional y los valores limite biológicos contenidos en este documento, así como los criterios básicos para su utilización en la evaluación y control de los riesgos derivados de la exposición profesional a agentes químicos que exige la Ley Prevención de Riesgos Laborales.

Los valores adoptados tienen carácter de recomendación y constituyen solamente una referencia técnica. No son, por tanto, valores legales nacionales, que sólo pueden ser establecidos por las autoridades competentes.

Los conceptos y valores incluidos en esta recomendación son el resultado de una evaluación crítica de los valores limite de exposición establecidos por las entidades que se citan en la bibliografía, teniendo en cuenta, fundamentalmente, en el caso de los valores que son discrepantes en las listas de las distintas entidades, la fecha de su actualización, la fiabilidad de los datos utilizados para el establecimiento de cada uno de ellos y los criterios de la U.E. para la adopción de los limites de exposición comunitarios.

La lista de los valores limite adoptados será ampliada y revisada, al menos anualmente, en función de las necesidades que planteen los cambios en los procesos de producción y la introducción de nuevas sustancias, de los nuevos conocimientos técnicos y científicos, así como de la evolución del marco legal en el que se apliquen.

Objetivo y ámbito de aplicación

Los Limites de Exposición Profesional son valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, a los agentes químicos presentes en los puestos de trabajo y, por lo tanto, para proteger la salud de los trabajadores y a su descendencia.

No constituyen una barrera definida de separación entre situaciones seguras y peligrosas.

Los Límites de Exposición Profesional se establecen para su aplicación en la práctica de la Higiene Industrial y no para otras aplicaciones. Así, por ejemplo, no deben utilizarse para la evaluación de la contaminación medioambiental de una población, de la contaminación del agua o los alimentos, para la estimación de los índices relativos de toxicidad de los agentes químicos o como prueba del origen, laboral o no, de una enfermedad o estado físico existente.

En este documento se considerarán como Límites de Exposición Profesional los valores límite ambientales (VLA), contemplándose además, como complemento indicador de la exposición, los Valores Límite Biológicos (VLB).

Definiciones

A los efectos de este documento son de aplicación las siguientes definiciones:

Agente Químico: Todo elemento o compuesto químico, por si solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional haya comercializado o no.

Puesto de trabajo: Con este término se hace referencia tanto al conjunto de actividades que están encomendadas a un trabajador concreto como al espacio físico en que éste desarrolla su trabajo. *(Directiva 93/24/CE del Consejo de 7/4/98 DOL 131 de 5/5/98 p 11)*

Zona de respiración: El espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más de la cabeza y la laringe. *(EN 1540 Workplace atmospheres Terminology)*

Periodo de referencia: Periodo especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El período de referencia para el límite de larga duración habitualmente de 8 horas, y para el límite de corta duración, de 15 minutos.

(UNE-EN 689 Atmósferas en el lagar de trabajo Directrices para la evaluación de la exposición por Inhalación agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición)

Exposición: Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación.

Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador.

Se cuantifica en términos de la concentración del agente obtenida de las mediciones de exposición, referida al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En consecuencia, pueden definirse dos tipos de exposición:

Exposición diaria (ED).

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diario.

Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas.

Así pues, la ED puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\Sigma\, C_i\, t_i}{8}$$

siendo C_i la concentración i-ésima
t_i el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor C_i

Nota: A efectos del cálculo de la **ED** de cualquier jornada laboral, la suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en el numerador de la fórmula anterior será igual a la duración real de la jornada en cuestión, expresada en horas.

Exposición de corta duración (EC).

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Limite.

Lo habitual es determinar las EC de interés, es decir, las del periodo o periodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos. De esta forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las EC buscadas.

No obstante, si el método de medición empleado, por ejemplo basado en un instrumento de lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada período de 15 minutos, la EC correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\Sigma\, C_i\, t_i}{15}$$

siendo

C_i la concentración i-ésima dentro de cada período de 15 min.

t_i el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor C_i

Nota: La suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en la fórmula anterior será igual a 15 minutos.

Indicador Biológico (IB).

A efectos de lo contemplado en este documento se entiende por indicador biológico un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico.

Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros.

Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

En este documento se consideran dos tipos de indicadores biológicos:

IB de dosis. Es un parámetro que mide la concentración del agente químico de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto

IB de efecto. Es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.

Valores limite ambientales (VLA)

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Se habla de la mayoría y no de la totalidad puesto que, debido a la amplitud las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajador podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los **VLA**, e incluso resultar afectados más seriamente, sea por agravamiento de una condición previa o desarrollando una patología laboral.

Los VLA se establecen teniendo en cuenta la información disponible, procedente de la analogía físico-química de los agentes químicos, de los estudios experimentación animal y humana, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial.

Los **VLA** sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Cuando uno de estos

agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa del mismo, sea a través del contacto de los vapores con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación pueda resultar significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalizado en la lista con la notación "vía dérmica". Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar medidas para prevenir la absorción cutánea.

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m^3 (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m^3 para una temperatura de 20 °C y una presión de 101,3 kPa, valor que depende de las citadas variables. La conversión de ppm a mg/m^3 se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{VLA en mg/m}^3 = \frac{\text{(VLA en ppm) (peso molecular del agente químico en gramos)}}{24{,}04}$$

siendo 24,04 el volumen molar en litros en tales condiciones estándar.

En la transformación de ppm a mg/m^3 los valores resultantes se han aproximado a dos cifras significativas si el valor calculado es inferior a 100 y a tres cifras significativas si está por encima de 100.

El valor límite para la materia particulada no fibrosa se expresa en mg/m^3 o submúltiplos y el de fibras, en fibras/m^3 o fibras/cm^3, en ambos casos para las condiciones reales de temperatura y presión atmosférica del puesto de trabajo. Esto significa que las concentraciones medidas en estas unidades, en cualesquiera de las condiciones de presión y temperatura, no requieren ninguna corrección para ser comparadas con los valores límite aplicables.

Tipos de Valores Límite Ambientales.

Se consideran las siguientes categorías de **VLA**:

Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED).

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED), tal y como ésta ha sido definida anteriormente.

Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC).

Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC), tal y; como ésta se ha definido anteriormente.

El **VLA-EC** no debe ser superado por ninguna EC a lo largo de la jornada laboral.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el **VLA-EC** constituye un

complemento del **VLA-ED** y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites.

En cambio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un **VLA-EC**.

Límites de Desviación (LD).

Pueden utilizarse para controlar las exposiciones por encima del **VLA-ED**, dentro de una misma jornada de trabajo, de aquellos agentes químicos que lo tiene asignado. No son nunca limites independientes, sino complementarios de los VLA que se hayan establecido para el agente en cuestión, y tienen un fundamento estadístico.

Para los agentes químicos que tienen asignado **VLA-ED** pero no **VLA-EC** establece el producto de **3 x VLA-ED** como valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar en ningún momento el valor **5 x VLA-ED**.

Lista de valores límite ambientales de exposición profesional.

A continuación se incluye una lista parcial de Valores Limite Ambientales de Exposición Profesional, considerando en dos columnas los de Exposición Diaria (VLA-ED) los de Exposición de Corta Duración (VLA-EC) para los agentes químicos, identificados por sus números EINECS y CAS, indicándose además en la columna Notas las observaciones necesarias para mayor información.

EINECS	C.A.S.	AGENTE QUIMICO	LIMITES ADOPTADOS				Notas
			VLA-ED ppm	VLA-ED mg/m^3	VLA-EC ppm	VLA-EC mg/m^3	
200-848-9	75-21-8	**Oxido de etileno**	**1**	**1.8**			C2, M2
231-959-5	7782-50-5	**Cloro**	**0.5**	**1.5**	**1**	**3**	
211-128-3	630-08-0	**Monóxido de carbono**	**25**	**29**			TR1
204-696-9	124-38-9	**Dióxido de carbono**	**5000**	**9150**	**15000**	**27400**	
231-977-3	7783-06-4	**Sulfuro de hidrógeno**	**10**	**14**	**15**	**21**	
231-195-2	7446-09-5	**Dióxido de azufre**	**2**	**5.3**	**5**	**13**	
200-812-7	74-82-8	**Metano**					(k)
231-634-3	7664-41-7	**Amoníaco**	**25**	**18**	**35**	**25**	
233-032	10024-97-2	**Oxido de dinitrógeno**	**50**	**2**			
233-271-0	10102-43-9	**Monóxido de nitrógeno**	**25**	**31**			
233-272-6	10102-44-0	**Dióxido de nitrógeno**	**3**	**5.7**	**5**	**9.6**	
200-821-6	74-90-8	**Cianuro de hidrógeno**			**10**	**11**	Vía dérmica
231-595-7	7647-01-0	**Cloruro de hidrógeno**	**5**	**7.6**	**10**	**15**	

Tabla 2-3: ALGUNOS VALORES LÍMITE AMBIENTALES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL (AÑO 1999)

Normativa derivada de Directivas CE

Como consecuencia de la transposición de determinadas Directivas a la legislación española se han incorporado nuevos criterios de referencia para algunos contaminantes específicos, que mencionamos de pasada pues es necesario estudiar la Directiva para obtener los valores que deben manejarse:

Exposición al amianto: 12 fibras-día por centímetro cúbico acumulados para un periodo continuado de tres meses.

Exposición al plomo: 40 microgramos metro cubico no más de 30 días al año.

Exposición al cloruro de vinilo: 7 p.p.m.

Exposición al benceno: 3 p.p.m.

Higiene de campo

Esta rama de la higiene del trabajo que se ocupa del estudio y reconocimiento de los contaminantes y condiciones de trabajo, identificando los peligros para la salud, evaluando los riesgos higiénicos y sus posibles causas y adoptando las medidas necesarias para su control.

Para la realización de esta función el experto en higiene de campo se auxilia, como instrumento de trabajo, de la encuesta higiénica. En ella utiliza la información suministrada por la propia empresa y los trabajadores afectados, documentación apropiada, instrumental de campo previamente calibrado y una gran experiencia que le permita, a partir de sus conocimientos técnicos, poder aplicar con la debida precaución a los valores que se obtengan los criterios higiénicos.

El higienista industrial debe estar capacitado para:

- Reconocer los factores ambientales y comprender sus efectos sobre el hombre y la salud.
- Evaluar los riesgos derivados de los factores ambientales
- Controlar los riesgos adoptando los métodos adecuados para su eliminación o reducción.

Encuesta higiénica

En la encuesta higiénica se analizan los diferentes factores que intervienen en un problema higiénico permitiendo la aplicación de medidas técnicas o médicas de control y la reducción de las situaciones de riesgo.

Se pueden distinguir diferentes tipos de encuesta higiénica, y el proceso puede llegar a ser bastante complejo por lo que no deben adoptarse posturas simplistas que podrían conducir a un tratamiento totalmente erróneo del problema.

Higiene analítica

Podemos definir la higiene analítica como la Química analítica aplicada a la Higiene del Trabajo. Se encarga de procesar muestras y determinar en ellas cualitativa y cuantitativamente los contaminantes químicos presentes en el ambiente de trabajo.

Son funciones de higiene analítica:

a) Análisis de materias primas u otros productos que puedan ser focos de contaminación.

b) Análisis de los componentes químicos presentes en el ambiente laboral

c) Análisis de los contaminantes presentes en fluidos biológicos de personas expuestas a ellos.

d) Investigación dirigida a mejorar los métodos analíticos ya existentes y a estudiar los efectos toxicológicos de diversos contaminantes químicos.

Las técnicas usadas en los análisis en esta rama de la higiene han de ser muy sensibles, operándose frecuentemente dentro de la escala "micro", ya que las cantidades de contaminantes presentes en los soportes del aparato de toma de muestras que se manejan son muy pequeñas.

Análisis preparatorio

La misión del análisis preparatorio es la preparación de las muestras, dirigida a aumentar la sensibilidad de las distintas técnicas que vayan a emplearse pues se manejan cantidades muy pequeñas de producto.

Análisis instrumental

La misión es la aplicación de las técnicas fisico-químicas al análisis de muestras, fundamentalmente técnicas cromatográficas, espectrométricas y microscópicas (óptica y electrónica)

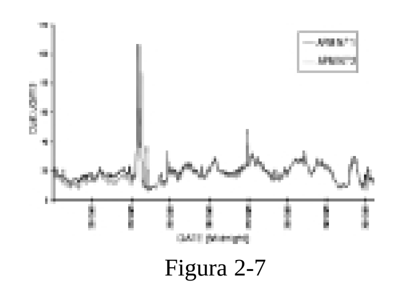


Figura 2-7

El método analítico

En el campo de la Higiene Industrial o contaminación ambiental, cuando se hace referencia al método analítico, la tendencia más generalizada es asociarlo con análisis, pero prácticamente nunca con la toma de muestras

Para facilitar su clarificación, veamos el esquema de un método analítico:

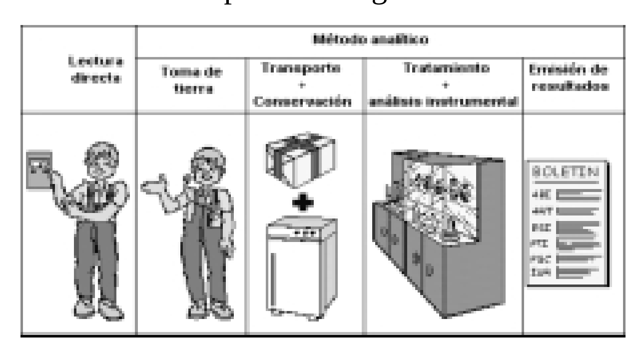
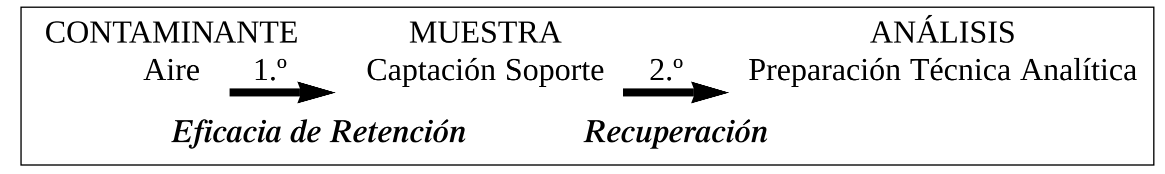


Figura 2-8



ESQUEMA DEL MÉTODO ANALÍTICO

En este esquema simplificado de un método analítico, se observa que concurren en él dos transferencias de materia, que son normalmente los puntos clave:

1.º El contaminante presente en el aire es transferido mediante el correspondiente sistema de captación o toma de muestras a un soporte lo que origina la Muestra (Esta transferencia tiene un rendimiento, conocido como Eficacia de Retención) y

2.º La muestra tras su preparación correspondiente, es analizada mediante Técnica Analítica apropiada (estableciéndose otro rendimiento, que se conoce como Coeficiente de Recuperación).

Ambos rendimientos, de retención y recuperación pueden calcularse parcialmente, o directamente de forma global. No obstante, es su valor global, quien realmente expresa la exactitud o error del método analítico y es el que deberá ser considerado cuando haya necesidad de corregir el resultado.

A la vista del esquema, cabe indicar que dentro del contexto del método analítico se deben incluir por igual toma de muestras y análisis. Lógicamente ambos bien diferenciados entre sí, tanto por sus problemáticas muy específicas, como por su diferente ejecución en el tiempo, pero también, a la vez, íntimamente relacionadas y dependientes entre sí.

Características del método análitico

Los métodos analíticos se preparan y son útiles para medir una substancia concreta bajo unas circunstancias determinadas. Estos datos, junto con varios aspectos de la calidad de su respuesta, determinada mediante pruebas oportunas, constituyen las denominadas características del método. Las principales características del Método Analítico son:

- ❖ ESPECIFICIDAD: Grado en que se determina un compuesto concreto y sólo éste.
- ❖ INTERFERENCIAS: N.º y Tipo de compuestos que interfieren positiva o negativamente en la respuesta del método, falseándola.
- ❖ LIMITE DE DETECCIÓN: Concentración Mínima capaz de detectar.
- ❖ MARGEN DE TRABAJO: Intervalo de Concentración del analito en la aplicación del método que da buenos resultados.
- ❖ PRECISIÓN Y EXACTITUD: Definir el grado de fiabilidad de los resultados.

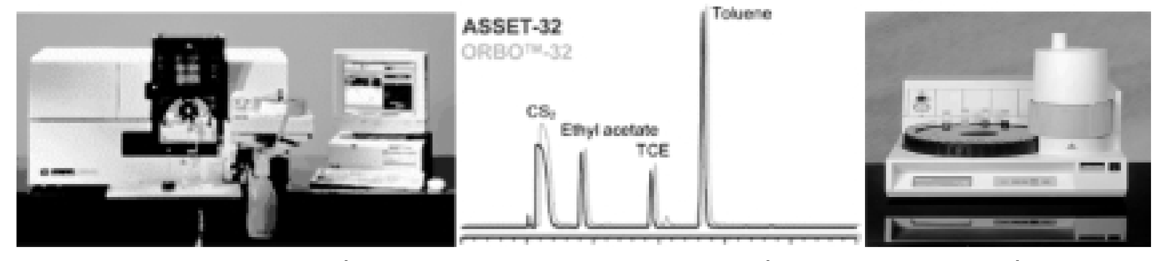


Figura 2-9: CROMATÓGRAFO DE GASES Y ESPECTROFIOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA MUESTRA CON TOLUENO.

Evaluación del riesgo higiénico

Una vez se dispone de los datos recogidos en la primera etapa de la encuesta higiénica que han permitido la identificación del riesgo y determinar la magnitud del problema higiénico a partir del conocimiento de las concentraciones ambientales (contaminantes químicos) y/o niveles de intensidad (agentes físicos), el número de trabajadores expuestos y el tiempo y periodicidad de las exposiciones, se procede a la evaluación de los riesgos detectados que deberá realizarse para cada puesto de trabajo.

En cuanto a la evaluación de los contaminantes químicos debemos disponer para cada uno de ellos los siguientes datos:

Concentración promedio permisible (CPP), VL o TLV-TWA de las sustancias que se manejen de conocidos efectos, irritantes, tóxicos, etc. para la salud del trabajador.

TLV-STEL en los lugares donde además, existan altas concentraciones de los contaminantes durante cortos períodos de tiempo

CMP (concentración máxima permitida) o TLV-C en aquellos casos en que sea necesario por tener ese valor.

C_i (concentración del contaminante en el ambiente)

t (tiempo de exposición al riesgo en h/día)

A partir de estos datos se procederá según se trate de un sólo contaminante o de varios contaminantes.

Caso de un contaminante

Se procede a determinar el porcentaje de "Dosis Máxima Permisible" (%DMP) a partir de la expresión:

$$\%DMP = C_i / TLV\text{-}TWA \;\; x \;\; t / 8 \;\; x \;\; 100 = K$$

Si K > 100 Existe riesgo higiénico
Si K < 50 No existe riesgo higiénico
Si 50 < K < 100 Existen dudas sobre el riesgo higiénico. Debe completarse el estudio.

En la aplicación de este cálculo deben tenerse en cuenta que:

* Si el valor de la concentración de contaminantes alcanza el valor techo TLV-C, es este valor y no el %DMP el que determinará la existencia de riesgo, ya que aún con valores muy bajos de %DMP, para corta exposiciones, puede existir riesgo higiénico.

* Si los tiempos de exposición del trabajador son cortos y las concentraciones en el ambiente superan el TLV deberán tenerse en cuenta el TLV-STEL o el valor de la

desviación del TLV-TWA (3 ó 5 TLV-TWA, en 30 minutos o bajo ningún concepto respectivamente, si no existe el TLV-STEL). Tener mucha prudencia al extrapolar los datos o los periodos de tiempo; en general, el resultado no suele ser correcto, debido a la gran variabilidad de concentración del contaminante.

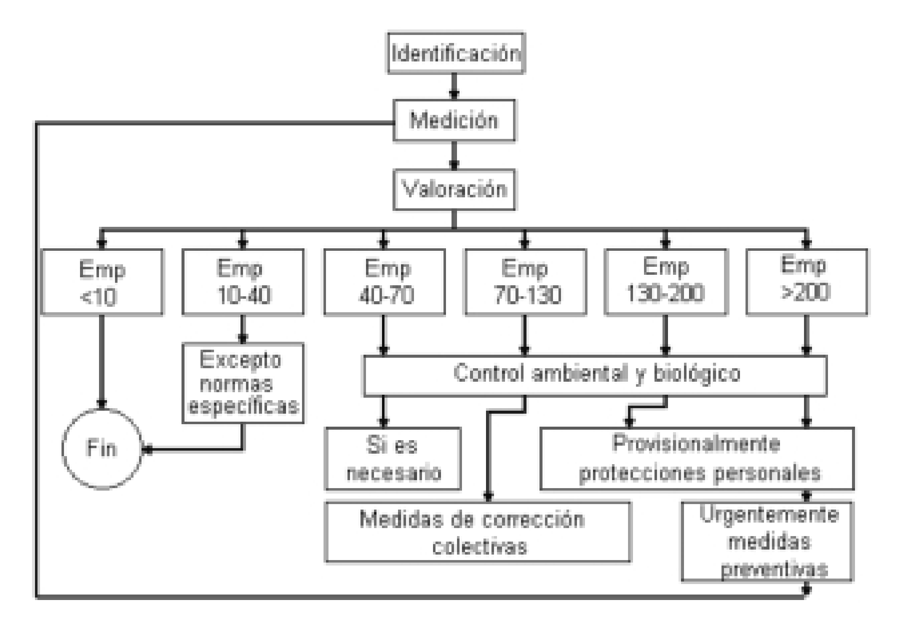


Figura 2-10: VALORACIÓN Y TOMA DE DECISIONES

Caso de varios contaminantes

Pueden darse dos situaciones diferentes:

a) Los efectos son independientes para cada uno de los contaminantes
En este caso deberá cumplirse para todos ellos que:

C_1 < TLV-TWA_1 y C $máx_1$ < TLV_1-C
C_2 < TLV-TWA_2 y C $máx_2$ < TLV_2-C
C_3 < TLV-TWA_3 y C $máx_3$ < TLV_3-C

b) Los efectos son aditivos (o tóxicos sistémicos), pues no se tiene certeza de que sus efectos sean exclusivamente independientes.
En este caso se calculará el valor de K, resultando:

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \frac{C_3}{TLV_3} + \dots + \frac{C_i}{TLV_i} = \mathbf{K}$$

Si K > 1 Existe riesgo higiénico
Si K < 0.5 No existe riesgo higiénico
Si 0.5 < K < 1 Existen dudas sobre el riesgo higiénico. Se deben hacer Evaluaciones Periódicas

Además deberá seguir cumpliéndose para cada contaminante independientemente las condiciones establecidas en el caso anterior. El valor del TLV de la mezcla se podrá determinar a partir de la expresión anterior en el que

$$\sum_{n=1}^{i} C_i / TLV_i = C_{mezcla}/TLV_{mezcla},$$

siendo $TLV_{mezcla} = C_{mezcla} / \Sigma\ C_i / TLV_i$ (de n=1 a i)

Un ejemplo típico de evaluación higiénica puede ser la evaluación higiénica de un proceso de soldadura. De la base del metal soldado puede generarse óxidos de Cr y Ni si se trata de acero inoxidable, óxidos de Fe y Mn si se trata de acero al carbono; si el metal esta galvanizado, niquelado, cromado, etc. pueden encontrarse en los humos de soldadura los respectivos óxidos. Si el metal está tratado con una imprimación de minio podemos encontrar óxidos de Pb, si está engrasado puede aparecer acroleina, si está desengrasado con tricloroetileno puede formarse fosgeno, etc. También pueden aparecer contaminantes del material de aporte o bien de reacciones con el aire, dando óxidos de nitrógeno y ozono.

Higiene operativa

Para poder conseguir la eliminación del riesgo higiénico o si no es posible, reducirlo hasta límites aceptables (no perjudiciales para la salud), la Higiene Operativa debe actuar sobre los diferentes factores que intervienen en el proceso en el orden que sigue:

1. Foco emisor del contaminante
2. Medio de Difusión del contaminante
3. Trabajadores expuestos

De todas las medidas expuestas en el cuadro siguiente, las más eficaces desde el punto de vista de la Higiene del Trabajo son las que actúan sobre el foco emisor del contaminante, actuando sobre el medio difusor cuando no ha sido posible la eliminación del foco y, por último, sólo sobre los trabajadores expuestos cuando no ha sido posible actuar sobre los anteriores estados o como medida complementaria de otras medidas adoptadas.

RIESGO HIGIÉNICO	SISTEMA DE CONTROL
FOCO EMISOR DEL CONTAMINANTE	❑ Sustitución de productos ❑ Modificación de procesos ❑ Encerramiento o aislamiento del proceso ❑ Métodos Húmedos ❑ Mantenimiento ❑ Selección de equipos y diseños adecuados
MEDIO DE DIFUSIÓN	❑ Limpieza ❑ Ventilación por difusión ❑ Extracción localizada ❑ Aumento distancia foco-receptor ❑ Sistema de alarma ❑ Mantenimiento
TRABAJADORES EXPUESTOS	❑ Formación, información y adiestramiento ❑ Rotación del personal ❑ Encerramiento del trabajador ❑ Control y reconocimiento médico periódico de los trabajadores ❑ Protección personal.

Tabla 2-4: SISTEMA DE CONTROL DE RIESGO HIGIENICO

EL INFORME TÉCNICO DE HIGIENE DEL TRABAJO

La última etapa del estudio higiénico concluye con la elaboración del informe técnico, el cual debe responder a una presentación lógica, sencilla y comprensible, utilizando la terminología correcta de forma que no pueda dar lugar a confusión.

En el mismo deben contemplarse al menos:

Antecedentes, Se incluirán los datos relativos a la identificación de la empresa y actividad, motivo del estudio, etc.

Metodología, Se incluirán los datos relativos a días y horas de presencia en la empresa para la realización, con indicación de las personas consultadas y datos recogidos, mediciones efectuadas con instrumentos de lectura directa, análisis de riesgos, etc.

Toma de muestras, Debe explicar todas las circunstancias del muestreo, características del local, descripción del proceso y los puestos analizados, haciendo referencia para cada uno de ellos a trabajadores expuestos, resultados de las mediciones técnicas de muestreo e instrumentos utilizados, tiempos de exposición, y concentración media ponderada para cada contaminante.

Conclusiones, Este apartado debe contener la valoración de los riesgos existentes por comparación de las concentraciones obtenidas con los valores de referencia legales o universalmente aceptados cuando la normativa legal no lo contemple y las recomendaciones sugeridas para su control, ya sean individuales o colectivas.

Sería conveniente el apoyo documental del informe con la inclusión de planos, esquemas, registro de datos, fotografías, etc.

CAPÍTULO 3: CONCEPTOS BÁSICOS DE TOXICOLOGÍA LABORAL

La Toxicología Laboral es la ciencia que se dedica al estudio de las acciones tóxicas producidas por los compuestos químicos utilizados en la industria y que suelen penetrar en el hombre como consecuencia de sus manipulaciones y usos.

En términos amplios, se entiende por acción tóxica o **toxicidad** a la capacidad relativa de un compuesto para ocasionar daños mediante efectos biológicos adversos, una vez ha alcanzado un punto susceptible en el organismo.

Para el desarrollo de la Toxicología Industrial y conocimiento de los efectos adversos que los contaminantes químicos producen sobre los trabajadores, se utilizan tres procedimientos: la experiencia animal con extrapolación al hombre, la epidemiología y la analogía química.

TOXICOCINETICA

Para que se dé una intoxicación sistemática es necesario un medio de transporte del tóxico, este medio normalmente es la sangre. Una vez que el tóxico se introduce en el flujo sanguíneo, éste circula alcanzando la zona en la que ejerce su acción. Posteriormente se deposita o se eliminará, transformándose mediante reacciones metabólicas.

Podemos considerar, secuencialmente, el movimiento del tóxico en el interior del organismo (cinética) de la siguiente forma: Absorción, Distribución, Localización, Acumulación o Fijación y Eliminación.

La **Absorción** consiste en el paso del tóxico al sistema circulatorio, para lo que tendrá que atravesar, en todo caso, algún tipo de membrana biológica, por ejemplo: la membrana alveolar. La membrana de la célula está formada por tres capas. Cada una de estas capas tiene un espesor de 25 A. Los dos estratos proteicos son responsables de la elasticidad, resistencia y de la hidrofilia, y estos van a estar en contacto con los medios acuosos del exterior y del interior de la célula. La capa intermedia lipídica es bimolecular y constituye el esqueleto principal. Esta estructura va a regular el paso de los tóxicos a través de ella. La córnea lipoide va a favorecer el paso de sustancias liposolubles, es decir, neutras, pero la fuerte carga eléctrica de la membrana entorpece el paso de sustancias ionizadas.

Los mecanismos por los que un tóxico puede atravesar la membrana serán: por difusión simple, por filtración, o bien mediante transporte activo. En este último caso se requiere aporte de energía, que proporciona la propia célula.

Por difusión sólo pueden penetrar moléculas neutras, y su velocidad depende del coeficiente de partición lípido/agua, o sea, la relación de las solubilidades del tóxico en esos medios, y la diferencia de concentraciones de tóxico en ambos lados de la membrana.

Hay una forma de absorción que es la difusión catalizada, la cual requiere la presencia en la membrana celular de un portador, que puede combinarse con la sustancia tóxica y moverse con libertad a través de la membrana. Dado que es una forma de difusión, el traslado se efectuará siempre hacia valores más bajos de un grandiente electroquímico.

Este tipo de uniones es específico, los portadores sólo se unen a un mínimo limitado de sustancias de estructura química semejante. Estas sustancias pueden competir entre sí por el portador y causar inhibición.

Por filtración pueden penetrar pequeños aniones a través de los poros que tienen ciertas células, debido a las agrupaciones de cargas positivas, que a la vez impiden el paso de los cationes.

El transporte activo, que permite el paso de sustancias cargadas eléctricamente, se produce sólo con la ayuda de enzimas específicas y con el empleo de energía, proporcionada ésta por el ATP que proviene de los procesos de fosforilización oxidativa que continuamente tiene lugar en el interior de la célula. La enzima portadora se une al tóxico a transportar, modifica su estructura de forma que facilita su paso por la membrana y una vez dentro de la célula el complejo se desdobla y el ciclo se renueva.

Absorción por la piel

En este tipo de penetración el tóxico debe cruzar muchas capas de células hasta llegar a los capilares. El tóxico debe ser más o menos soluble en las distintas capas de la piel, cada una con sus propias características químicas. En líneas generales, la absorción será más favorable para los compuestos liposolubles como los disolventes, siendo casi nula para compuestos metálicos, salvo que se produzcan fenómenos de quelación y desnaturalización de las proteínas.

Los anexos de la piel, glándulas, pelos, etc., así como las zonas deterioradas de la piel, modifican importantemente su capacidad de absorción con respecto a la capacidad transepidérmica.

Absorción por vía digestiva

En este caso, los compuestos liposolubles se absorberán fácilmente y los ionizados estarán influidos por los cambios de pH del tracto digestivo. Los estados de ionización de las moléculas variarán en función del pH y, como consecuencia, su mayor o menor facilidad para la absorción. En el estómago y en el intestino delgado existen "portadores" especializados para la absorción de iones metálicos.

Absorción por vía respiratoria

La vía inhalatoria constituye la vía de absorción más importante en Higiene Industrial, por su facilidad de penetración y por su gran superficie de intercambio.

Los gases y vapores liposolubles llegan al volumen alveolar y se diluyen en el aire ya presente; la absorción se produce por difusión y dependerá de la concentración del tóxico en el volumen alveolar, del coeficiente de difusión a través de la membrana alveolar y del coeficiente de partición entre el aire y la sangre.

La concentración alveolar irá en función de la concentración ambiental del tóxico y del tiempo de exposición. El coeficiente de partición dependerá de la solubilidad del tóxico en los lípidos plasmáticos, su capacidad de ligarse a las proteínas plasmáticas y su solubilidad en las membranas tisulares.

Distribución: Cuando el tóxico ha pasado a la sangre, ésta lo difunde por todo el cuerpo. La incorporación a la sangre puede realizarse por simple disolución o mediante

una fijación a las proteínas o a las células sanguíneas. La rapidez de difusión del tóxico depende principalmente de la modalidad de esta incorporación a la sangre, así como de la vía de penetración seguida.

Acumulación: Los productos tóxicos distribuidos por la sangre a todo el organismo pueden fijarse en aquellos órganos por los que tengan más afinidad. Los órganos más afectados suelen ser los más vascularizados o los que poseen una constitución rica en lípidos. Cuando la fijación no origina un efecto local, constituye un proceso de acumulación, que es capaz de prolongar los efectos del tóxico, tras cesar la exposición, debido a la liberación progresiva del producto acumulado.

Metabolismo: Los compuestos químicos pueden ser alterados por su interacción con el organismo. Esta acción metabólica tiende a transformar las moléculas del compuesto en productos más solubles en agua en el plasma sanguíneo para facilitar su eliminación.

Este proceso significa una detoxificación, excepto en algunos casos en que la primera etapa del metabolismo origina un producto más tóxico que el de partida.

Eliminación: Los tóxicos absorbidos pueden ser eliminados del organismo por diversas rutas en función de varios factores.

Los productos volátiles son eliminados en parte por vía respiratoria, en un proceso contrario al de su absorción. La mayoría de los compuestos se eliminan en gran proporción por la orina, ya sea inalterados o como productos de su metabolización. Algunos tóxicos son eliminados por la bilis, en cuyo caso pueden ser reabsorbidos por el intestino, prolongándose así la intoxicación.

EXPOSICIÓN Y DOSIS.

La presencia de un contaminante en el medio ambiente en el que se halla un individuo origina la exposición de éste al contaminante en cuestión. La consecuencia de esta exposición (exposición externa) es que cierta cantidad del contaminante podrá alcanzar o incorporarse al organismo del trabajador, produciendo determinados efectos (intoxicación) sobre el mismo

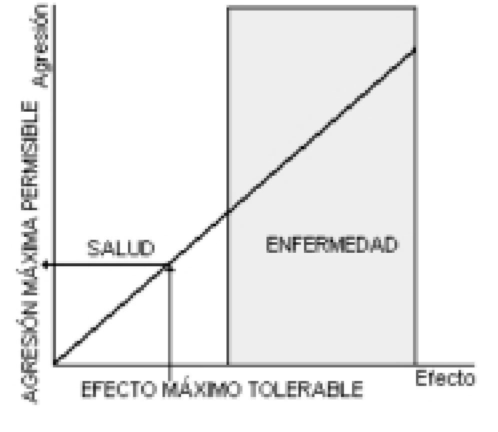


Figura 3-1

A la cantidad de tóxico que el organismo absorbe (incorpora) se denomina **dosis**. Generalmente suele expresarse en mg/Kg. de peso del sujeto.

La intensidad del daño en el trabajador expuesto a sustancias tóxicas es proporcional no obstante a una serie de factores, unos propios de la naturaleza humana, otros característicos del contaminante como su toxicidad, la velocidad de absorción del contaminante por el organismo, concentración y tiempo de exposición.

Dado que los factores humanos, la toxicidad y la velocidad de absorción son constantes para cada caso, podemos decir que en una persona el concepto de **exposición**,

como magnitud, integra dos factores variables diferentes: la concentración o nivel de presencia del contaminante en el medio y el tiempo o duración de la propia exposición. $E = f(c,t)$

EFECTOS DE LOS TÓXICOS. TIPOS DE INTOXICACIONES

El efecto producido por un tóxico en un organismo no es sólo función de la dosis que recibe, sino también de la forma y del tiempo que tarda en administrarse esa dosis.

Se conocen tres intoxicaciones según la velocidad de penetración en el organismo:

Intoxicación aguda

Da lugar a una alteración grave del organismo y se manifiesta en un periodo corto de tiempo. Para que se dé es necesario una exposición aguda al tóxico y una absorción rápida del mismo por parte del organismo.

Intoxicación subaguda

Presenta un grado inferior de gravedad a la intoxicación aguda y sigue un curso subclínico, sin manifestaciones aparentes hasta pasado un tiempo.

Intoxicación crónica

El tóxico penetra en pequeñas dosis repetidas durante un largo periodo de tiempo de la vida del sujeto.

CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS

Hemos concretado el efecto tóxico (o intoxicación) en la capacidad que tienen los compuestos químicos de producir efectos biológicos adversos. En realidad no existen productos químicos inocuos. Entre estos efectos se dan las siguientes dualidades, que se emplean como sistema para clasificar los contaminantes químicos:

Locales y generales

Los primeros aparecen en el lugar de contacto del tóxico con el organismo y los segundos se manifiestan en puntos apartados de dicho lugar.

Agudos y crónicos

Responden a una distinción desde el punto de vista clínico según la duración de la evolución de las manifestaciones.

Reversibles e irreversibles

Hace referencia a la posibilidad de recuperación del estado normal tras la remisión de los cambios biológicos producidos por el tóxico.

Acumulativos y no acumulativos

Diferencia entre los tóxicos que actúan por acumulación en el organismo, al ser eliminados muy lentamente, y aquellos otros cuya eliminación es mucho más rápida, y que actúan cuando la exposición es suficientemente intensa.

Estocásticos (cuantales) y no estocásticos (graduados)

En el primer grupo, la posibilidad de que se produzca el efecto aumenta con la dosis de tóxico recibida (ej.: los cancerígenos). En el segundo, es la intensidad o gravedad del efecto la que depende de la dosis (ej.: los corrosivos).

EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN

Por otro lado, los efectos pueden deberse a la exposición a un solo producto o bien a una exposición combinada, es decir, una exposición simultánea a una mezcla de substancias tóxicas. Así, pueden presentarse tres tipos de efectos combinados:

– **Independientes:** cada uno de los tóxicos concurrentes produce un efecto distinto a través de un modo de acción diferente.

– **Sinérgicos:** el efecto combinado es mayor que el de cada uno de los componentes de la mezcla. A su vez, los efectos sinérgicos pueden ser de dos clases:

a) aditivos, cuando la magnitud del efecto combinado es igual a la suma de los efectos producidos separadamente por cada uno de los tóxicos.

b) potenciales, cuando el efecto combinado es más que aditivo.

– **Antagónicos:** el efecto combinado es inferior al aditivo.

RELACIONES DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA

Se denomina relación dosis-efecto a la correspondencia entre la dosis de exposición y la magnitud de un efecto específico en un individuo determinado, y se entiende por relación dosis-respuesta a la correspondencia entre la dosis de exposición y la proporción de individuos, dentro de un grupo definido de sujetos, que presenta un efecto específico con una magnitud determinada.

Ambas relaciones pueden representarse de modo gráfico.

El conocimiento completo de estas relaciones permite la determinación de la dosis máxima con la que no se observa respuesta en condiciones definidas, es decir, el nivel umbral de respuesta, de evidente interés en Prevención.

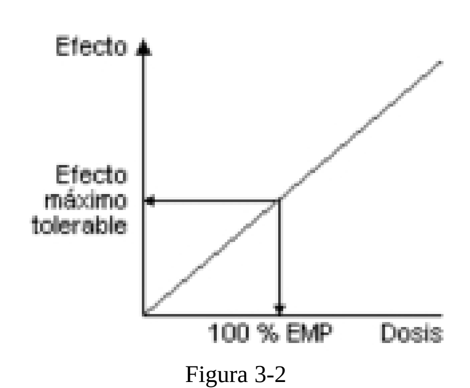


Figura 3-2

EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD

Para determinar la toxicidad de una substancia nos hemos de asegurar en primer lugar de su grado de pureza y, si se trata de un producto mezcla de varios compuestos, cuales son estos y la proporción exacta en que se encuentran.



Figura 3-3

Una vez conocida la composición y concentración, así como sus propiedades y constantes fisico-químicas, se procede a determinar varios parámetros a fin de fijar el potencial tóxico del mismo. El más usual y útil es el cálculo de la toxicidad aguda, para lo cual se calculan las llamadas dosis efectiva 50 (DE5O) y la dosis letal 50 (DL50), sea cuál sea la vía de entrada del tóxico en el organismo, excepto para la vía respiratoria, para la que se utiliza la concentración efectiva 50 (CE50) y la concentración letal 50 (CL50).

Para el cálculo de la DE50 o la DL50 se administra a lotes de animales (ratas, cobayas...) por la vía que se desee estudiar en dosis progresivas el compuesto a investigar y se van observando los efectos producidos. Las dosis se expresan en mg/kg. de peso del animal.

Así, se llega a calcular la dosis que afecta al 50% de los animales del lote, o sea, la DE50. Si el efecto estudiado es la muerte, se determina la DL50

NIVELES ADMISIBLES DE EXPOSICIÓN

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, los índices señalados no son de gran utilidad práctica, ya que no permiten deducir unos niveles admisibles de exposición.

Para establecer unas adecuadas medidas preventivas seria preciso conocer las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta de cada posible contaminante, principalmente en el punto referente a valores umbral de respuesta, para poder deducir los niveles máximos de concentración ambiental que no producen efectos nocivos ni desagradables bajo una exposición crónica. El conocimiento de estas relaciones no siempre es fácil, por lo que los niveles indicados deben establecerse en función de toda la información disponible, sea toxicológica, epidemiológica o clínica.

CAPÍTULO 4: VALORACIÓN BIOLÓGICA

De entre todas las técnicas propuestas para el control de la enfermedad profesional, una de las más importantes es, sin duda, aquella que analiza al individuo considerándolo muestreador de su propio puesto de trabajo.

Independientemente del elevado grado de calidad que hoy día se consigue en la evaluación de la concentración de los contaminantes químicos en ambientes industriales, que duda cabe que la última respuesta a la pregunta referente a cómo se absorbió y actuó sobre el organismo un determinado tóxico, debe basarse por un lado en el análisis cuantitativo de dicho tóxico y/o sus metabolitos en aire expirado, fluidos biológicos, tejidos, etc., y por otro, en la magnitud del efecto generado sobre el organismo.

Figura 4-1

Una forma de predecir la respuesta humana a un determinado tóxico es la experiencia previa con animales, ya que la experiencia con personas es el último test toxicológico que se debe hacer. De todas formas, los limites tolerables de exposición humana solo se pueden establecer a partir de datos de experiencias con personas, ya que, desgraciadamente, no existen factores matemáticos, que aplicados a los resultados obtenidos con animales, puedan valer para el hombre.

Tampoco, a veces, son parecidos los metabolismos del xenobiótico en animales y en el hombre. Sin embargo, las respuestas en animales pueden orientar bastante, tanto en el grado de aproximado de toxicidad como en el tipo de órgano o tejido elegido por el tóxico.

Por último, y dada la variedad de respuesta del organismo en función del tipo de individuo, se hace preciso la elección de grupos suficientemente grandes. Solo así si podrán descubrir las respuestas de la mayoría de los individuos, quedando marginados tanto aquellos que se afectan por cantidades excesivamente pequeña de tóxico, como en aquellos que pueden soportar concentraciones más altas que el término medio.

IMPORTANCIA DE LAS VÍAS DE ENTRADA Y TIPOS DE MUESTRAS BIOLÓGICAS

La consideración más importante que hay que tener en cuenta en un control de exposición es la valoración de la contribución relativa de las tres vías de entrada al organismo (respiratoria, dérmica y digestiva), ya que es de vital importancia determinar en la fase de investigación más temprana posible, cómo se absorbe el tóxico objeto del estudio.

Normalmente, la ruta digestiva es de poca importancia si se han establecido buenas medidas de higiene personal, aunque no debe ignorarse la entrada por dicha vía del polvo recogido tanto en la región nasofaríngea como en los cilios bronquiales.

Idealmente el análisis de la sustancia tóxica debería realizarse en los "órganos diana" que el cuerpo humano presenta al tóxico, pero esta posibilidad es muy difícil de llevar a la práctica, por lo que es preciso elegir un medio biológico accesible sobre el que hacer el análisis.

Las muestras que se emplean con más asiduidad para la evaluación biológica de la exposición laboral a agentes tóxicos son el aire exhalado, la sangre y la orina.

Figura 4-2

Aire exhalado.

La concentración de aire exhalado, que está directamente relacionada con la concentración en sangre, depende de la dosis absorbida (concentración por tiempo), del tiempo transcurrido desde la absorción y de la velocidad de eliminación pulmonar.

ANÁLISIS DE AIRE EXHALADO:
– Cambios rápidos de concentración en el tiempo.
– Concentración cambia durante la fase de expiración.
– Se indica el muestreo en la última parte del aire exhalado (aire alveolar) o en la fase media.
– No son válidos los muestreos a trabajadores con la capacidad pulmonar alterada.

Sangre.

Normalmente los análisis de sangre deberán reservarse solo a aquellos casos en que los problemas de salud laboral no puedan resolverse mediante el análisis de orina o aire exhalado. Sin embargo, eso no es así debido a que cada vez resulta más valiosa la información que proporciona este fluido biológico. Para estas determinaciones hay que considerar la vida media biológica del tóxico original o del metabolito objeto de la determinación.

ANÁLISIS DE SANGRE
– Deben medirse:
  • En sangre total.
  • Proteinas.
– Los productos volátiles se miden en sangre venosa.
  (Valores reales. Contaminante fijado). No se debe medir en sangre capilar (representa sangre arterial).

Orina

También el empleo de muestras de orina, casi siempre para la determinación de los productos susceptibles de eliminación renal, implica también el conocimiento exacto del metabolismo de los datos toxicocinéticos que permitan correlacionar con exactitud el momento de la toma de muestra, el valor de la concentración del tóxico o metabolito y la

gravedad de la exposición laboral. No obstante, la evaluación biológica en muestras de orina es la práctica más común, y de la que existe mayor información toxicológica.

ANÁLISIS DE ORINA:
– Punto más importante:
  • Variación de la presencia del contaminante en relación al volumen de orina.
– BEI's se dan en relación con la excreción de creatinina.
– Valores mayores a 3g/L o menores a 0'5 de creatina en orina se desestiman.

En casos muy especiales se toman muestras de pelo, uñas, heces, saliva, etc... pero por el momento estos campos no han despertado excesivo interés en higienistas y médicos.

De todas formas, lo más normal en el establecimiento de programas de control biológico es que intervengan varios parámetros y varios especímenes biológicos, ya que la tendencia actual es tratar de diagnosticar con la máxima información posible.

VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS

Un Valor Limite Biológico (Biological Exposure Index o BEI) es la "expresión numérica de un parámetro biológico en relación con la incidencia de un xenobiótico". También, y de acuerdo con el Comité de Expertos de la O.M.S. (Organización Mundial de la Salud), se podría definir como "un valor de algún parámetro biológico que permite localizar precozmente el deterioro de la salud", entendiendo por tal "el descubrimiento de las alteraciones de los mecanismos homeostáticos, compensadores cuando las variaciones bioquímicas, morfológicas y funcionales son todavía reversibles".

Los BEI pueden clasificarse por su naturaleza, por el grado de información que suministran y por su aplicabilidad. Según su naturaleza pueden dividirse en químicos, bioquímicos y de actividad funcional, y según el grado de información que suministran, en específicos e inespecíficos.

Figura 4-3

BEI'S: CONCEPTOS:
– Es un valor de la exposición total a sustancias químicas presentes en el trabajo.
– Se miden a través de determinantes (la sustancia química o sus metabolitos) presentes en los especímenes biológicos tomados al trabajador.
– Están sujetos a modificaciones.
– Son valores de referencia.
– Se deben combinar con los TLV.
  No indican distinciones definidas entre situaciones de riesgo y no riesgo.
– Exposición para 8 hora, 5 días a la semana.

El tercer criterio de clasificación está relacionado con su aplicabilidad para conocer el grado de deterioro de la salud.

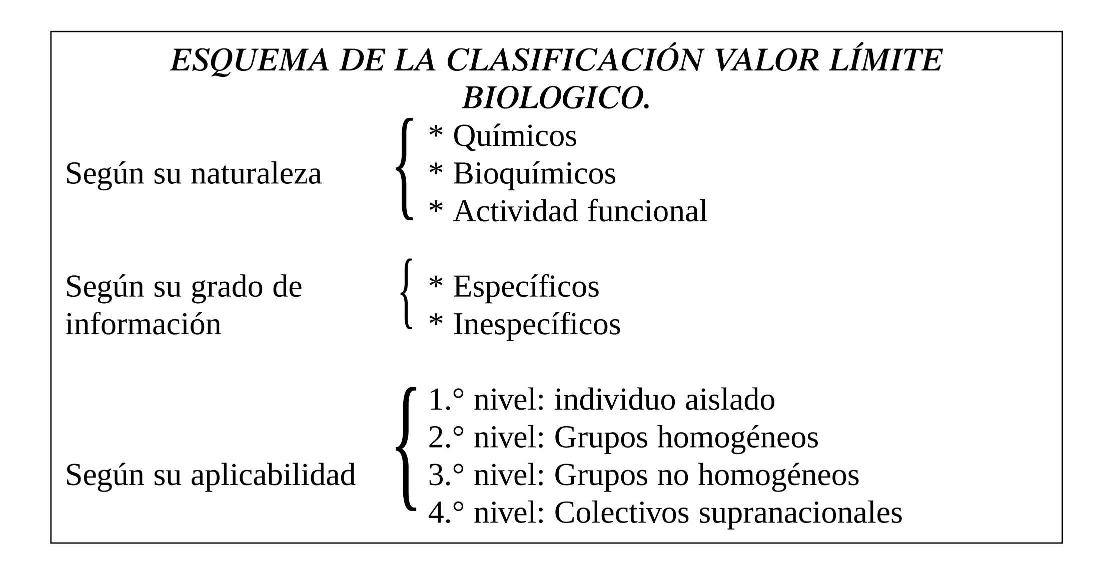
Existen cuatro niveles:

El primero está relacionado con el individuo aislado.

El segundo incluye grupos o colectivos homogéneos.

El tercer nivel incluye colectivos no homogéneos.

El cuarto, los colectivos supranacionales.



ESQUEMA DE LA CLASIFICACIÓN VALOR LÍMITE BIOLOGICO.

Según su naturaleza	* Químicos * Bioquímicos * Actividad funcional
Según su grado de información	* Específicos * Inespecíficos
Según su aplicabilidad	1.° nivel: individuo aislado 2.° nivel: Grupos homogéneos 3.° nivel: Grupos no homogéneos 4.° nivel: Colectivos supranacionales

La aplicación de un BEI, para concluir si la salud de un trabajador se halla previsiblemente afectada, puede realizarse considerando las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta, pero para ello no podemos olvidar que es necesario disponer de una serie de estudios que se suelen agrupar en cinco apartados:

– Estudios farmacocinéticos o toxicocinéticos.

– Estudios analíticos.

– Estudios epidemiológicos en poblaciones no expuestas.

– Estudios farmacodinámicos.

– Estudios fisiopatológicos.

Ventajas e inconvenientes del Control Biológico

Ventajas más importantes del Control Biológico:

– Permite conocer la exposición total al tóxico. (Exposición laboral y no laboral)

– Considera la diversa actividad física y las características antropométricas del individuo.

– Permite poner de manifiesto diferencias individuales de susceptibilidad frente al efecto tóxico, relativas a la diferencia de sexo, edad, código genético, hábitos alimenticios, de higiene personal, de trabajo, etc.

– No solo permite medir varios parámetros de exposición simultáneamente en una muestra biológica, sino que además permite medir otros parámetros tales como actividades enzimáticas y parámetros de funcionamiento de órganos.
– Los resultados obtenidos con este tipo de valoraciones tienen menor variabilidad que los obtenidos en valoraciones ambientales, si la vida biológica del tóxico es superior a cinco horas.
– Refleja la absorción del xenobiótico a través de las distintas vías de entrada al organismo (respiratoria, dérmica y oral).

Los inconvenientes más importantes son:

– Utiliza como elemento de muestreo a un ser humano.
– Solo existen parámetros fiables fijados y reconocidos para un limitado número de substancias.
– Existen dificultades en la interpretación de resultados en relación con el momento en que se tomó la muestra. También es necesario que el tóxico posea una vida media biológica lo suficientemente prolongada como para permitir realizar evaluaciones significativas de la exposición.
– No es aplicable a sustancias que no aparecen en los fluidos corporales (sílice, ácidos, etc.) o que no causan alteraciones funcionales capaces de ser estudiadas con carácter preventivo (cancerígenos).
– La mayor caducidad de las muestras biológicas así como la facilidad de sufrir contaminaciones.

MODELO DE PROGRAMA DE CONTROL BIOLÓGICO

Es conveniente comenzar diciendo que no existe un modelo de programa de control biológico, ya que cada uno tiene que diseñarse de acuerdo con las peculiaridades de cada tóxico y teniendo en cuenta, además, los factores que concurran en cada caso.

Pilares fundamentales de un programa integral de prevención de la intoxicación profesional.

• **Evaluación objetiva de las condiciones ambientales.**

Mediante un programa de muestreo sistemático de los puestos de trabajo para determinar cuáles son los niveles de contaminación, cuantificar el riesgo que comportan para la salud y determinar su origen. Solo así podrá procederse con posterioridad a tratar de llevar la contaminación ambiental a niveles aceptables, si fuese necesario.

• **Programa de control médico y biológico.**

Que permita detectar la intoxicación profesional en sus fases más precoces.

• **Programa de educación sanitaria**

Dirigida tanto a la dirección como a los trabajadores de la empresa, pasando por sus mandos medios y cuya finalidad sea la de proporcionar a todos una completa y clara información sobre los riesgos para la salud que pueden derivarse de la manipulación del

tóxico y de las medidas que pueden y deben tomarse, tanto a nivel colectivo como a nivel individual, para evitar estos riesgos.

En relación con el segundo punto, los conceptos que debe contener un programa de control biológico para que, apoyado en datos fiables, constituya un apoyo decisivo al médico de empresa en la elaboración de su diagnóstico, son:

Como punto de partida deben considerarse los requisitos que imponga la legislación española, y que deben complementarse y actualizarse, sin olvidar las aportaciones que puedan incluir por el conocimiento de otras legislaciones más avanzadas.

Será preciso analizar los efectos del tóxico sobre el organismo estudiando en profundidad los mecanismos de absorción, distribución, acumulación, metabolismo y eliminación. Esto llevará a una correcta elección tanto del momento de la toma de muestra como de los indicadores a utilizar, sin olvidar los parámetros de corrección necesarios.

Deben intentar conocerse los sistemas afectados, y las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta.

Será preciso especificar los valores de referencia de los diferentes indicadores biológicos de manera que puedan servir de orientación el médico para establecer su diagnóstico. Para estos valores de referencia habrán de considerarse las opiniones contrastadas de expertos y científicos, junto con lo que se establece en las modernas legislaciones de países industrialmente más avanzados y que han surgido como un compromiso entre los requisitos que exige una eficaz protección de la salud y las limitaciones que imponen las actuales posibilidades tecnológicas y económicas de la industria.

Finalmente deberá elaborarse una normativa interna para la interpretación de los resultados del control biológico, advirtiendo de nuevo sobre la necesidad de disponer de resultados plenamente fiables, y que incluya además las acciones complementarias que deban tomarse para la eficaz protección de la salud de los trabajadores.

A modo de resumen se da a continuación un breve esquema de los capítulos más importantes que hay que considerar para diseñar un programa de control biológico:

- Legislación española
- Otras legislaciones
- Fundamento del control biológico
- Clasificación del riesgo
- Propuesta de los cuadros utilizables de Indicadores Biológicos
- Fiabilidad de los indicadores biológicos
- Prevención médica.

TIPOS DE CONTROLES BIOLÓGICOS:

– Indicadores biológicos de dosis:

- Medida de la concentración de un contaminante o un metabolito en un fluido biológico o en el aire exhalado.
- Ejemplos:
  - Concentración de plomo en sangre.
  - Concentración de cadmio en orina.

– Concentración de benceno en aire exhalado.
– Concentración de ácido hipúrico en orina (exposición a tolueno).

– Indicadores biológicos de efecto bioquímico:

- Medida de la variación de un parámetro bioquímico en un fluido biológico.
- Ejemplos:
  – Protopofirina-cinc en sangre (exposición al plomo).
  – B2 - Microglobolina en sangre y orina (exposición al cadmio).
  – Actividad de la acetilcolinesterasa (exposición a pesticidas organofosforados).

–Indicadores biológicos de efectos biológicos:

- Medida de alguna variación fisiológica generalmente nerviosa o respiratoria.
- Ejemplos:
  – Determinación de la capacidad ventiladora.
  – Determinación de la conductividad nerviosa.

CAPÍTULO 5: HIGIENE DE CAMPO

VALORACIÓN AMBIENTAL

En gran medida el control de los riesgos higiénicos descansa en la evaluación, por lo que esta actividad se convierte en un elemento clave para la actuación preventiva.

El parámetro crítico de una evaluación es que el resultado que se obtenga sea fiel reflejo del auténtico riesgo medido; por tanto, todos los requisitos que se han de tener en cuenta en la medición, están relacionados con la representatividad. La evaluación consiste en comparar el resultado medido con el valor límite aplicable

Otros requisitos a tener en cuenta son los relativos a la coherencia de los criterios y parámetros entre ambos valores.

Fundamentación de la evaluación

Respecto a los fundamentos de la valoración o evaluación ambiental, las principales consideraciones a tener en cuenta son:

a) Exposición laboral
b) Medición/muestreo personal
c) Representatividad espacial
d) Representatividad temporal
e) Representatividad laboral
f) Tipo de límite
g) Expresión del contaminante
h) Unidades de medida
i) Procedimiento de medición/muestreo y análisis.

Exposición Laboral

El objetivo de una evaluación higiénica es determinar el riesgo a que está sometido un trabajador, por tanto la valoración de un contaminante debe centrarse en conocer la exposición de éste.

Valoraciones dirigidas a conocer la concentración existente en un foco contaminante, pueden ser útiles para actuaciones preventivas, pero no tienen validez alguna en la evaluación higiénica del riesgo.

Medición/muestreo personal

La representatividad geográfica es imprescindible para asegurar que el resultado es válido, y pocos puestos son estables desde el punto de vista de una exposición higiénica. El trabajador suele realizar pequeños movimientos que modifican su posición relativa respecto al agente contaminante, o desplazamientos mayores impuestos por la tarea o con motivo de las naturales pausas o relaciones con terceros.

En definitiva, la medición se deberá realizar siguiendo al trabajador en todos sus movimientos, lo cuál es una tarea harto difícil. La forma de solventar este problema es utilizando equipos portátiles de pequeño peso y tamaño, que funcionen de forma autónoma y que el trabajador pueda llevar consigo.

Representatividad espacial

La localización del punto donde se realiza la toma de muestra o la medición es también un factor de especial importancia.

Cuando se trata de agentes químicos la exposición a evaluar es la correspondiente a la vía de entrada respiratoria, por tanto, el punto de captura del contaminante deberá situarse en las proximidades de la nariz y la boca. Dado que no es posible situarlo exactamente en este lugar, se considera suficiente con localizar el punto de muestro en la zona superior del pecho (sujeto al cuello de la camisa).

Representatividad temporal

La experiencia y numerosos estudios confirman que el nivel de exposición en un puesto de trabajo presenta una importante variabilidad entre muestras o mediciones de un mismo día.

En un proceso laboral estable y controlado, la variación puede ser de hasta tres veces el valor medio. No cabe duda de que la mejor representatividad temporal se alcanza con mediciones o muestreos que cubran la totalidad de la jornada laboral, siendo éste el criterio básico de partida. De cualquier forma, en base a una buena experiencia profesional y, sobre todo, si se disponen de datos que lo confirmen, es posible reducir el tiempo de medición o muestro; en ciertas situaciones, cabe simplificar el estudio evaluando la situación más desfavorable. Todo ello forma parte de lo que se denomina "estrategia de muestreo".

Representatividad Laboral

La variabilidad anteriormente comentada se refiere a la esperable durante el trabajo habitual, pero en muchas ocasiones se dan situaciones que alteran el desarrollo de la actividad productiva.

Estas consideraciones deben tenerse presentes para realizar el proceso de evaluación o, en su caso, para aceptar la validez de los resultados.

Tipo de límite

Debe tenerse presente que la estrategia y la metodología de la evaluación, las características de los equipos, el proceso de cálculo y la mecánica de comparación de resultados, deberán ser distintos en función del tipo de límite que se deba aplicar.

El ejemplo más extremo se da comparando el procedimiento que deberá seguirse para identificar y cuantificar la concentración máxima que se produce durante la jornada, frente a determinar la concentración promedio de la jornada.

Expresión del contaminante

Es bastante frecuente, sobre todo en los agentes químicos, que para un mismo contaminante aparezcan distintos límites en función de la forma de presentación en el ambiente.

A título de ejemplo, no se muestrea ni se analiza igual una niebla de aceite que el vapor de ese mismo aceite.

Unidades de medida

La forma de expresar el valor límite da respuesta a una gran parte de las condiciones de la medición o el muestreo, tanto en cuanto al instrumental necesario como al proceso de toma de datos en campo.

Otro aspecto importante, en cuanto a la unidad de medida, es la propia cifra. Valores muy bajos condicionan la duración de la medición o el muestreo, pero también imponen límites de detección y cuantificación muy estrictos.

Procedimiento de medición/muestreo y análisis



Figura 5-1

Todo proceso de evaluación conviene que se realice de acuerdo con un método normalizado, de forma que se asegure que el resultado es contrastable tanto frente al propio límite aplicado, como entre mediciones consecutivas, o por comparación entre terceros.

En Higiene industrial, la legislación raramente exige la aplicación de métodos específicos, pero es muy numeroso el repertorio de los publicados por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), por UNE, por ISO, o incluso por organizaciones de prestigio internacional tales como NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).

Si bien la aplicación sistemática de procedimientos normalizados es una práctica recomendada técnicamente, la propia legislación en el art. 5 del Reglamento de los Servicios de Prevención especifica:

".. Si existiera normativa especifica de aplicación, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en la misma ..." . Cuando "... la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse ... se podrán utilizar los métodos o criterios recogidos en:

- Normas UNE
- Guías del INSHT, del Instituto Nacional de Silicosis y protocolos y guías del Ministerio de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas.
- Normas Internacionales.

– En ausencia de los anteriores, guías de otras entidades de reconocido prestigio en la materia u otros métodos o criterios profesionales descritos documentalmente que cumplan lo establecido en el primer párrafo del apartado 2 de este articulo y proporcionen un nivel de confianza equivalente."

Bases para establecer un programa preventivo

Un programa preventivo en Higiene Industrial, no debe diferir en su concepción de cualquier otra actividad de la gestión que se realice en el seno de la empresa.

En términos esquemáticos, un programa de Higiene Industrial debería contener los siguientes elementos:

Definición del objetivo

– Protección de la Salud.
– Cumplimiento de la ley.
– Evaluación de la exposición de grupos concretos a agentes concretos.
– Respuesta a las quejas de los trabajadores, etc. ...

Consensuar el objetivo del programa

– Con la dirección.
– Con los representantes de los trabajadores.

Familiarizarse con las operaciones de planta

– Obtener y estudiar los diagramas de flujo del proceso.
– Efectuar inventario de materias primas, productos intermedios, subproductos y productos acabados.
– Revisar la información toxicológica adecuada.
– Clasificar los trabajos y los potenciales agresivos ambientales.
– Revisar el estado de salud de los trabajadores.
– Revisar los estudios previos
– Estimar subjetivamente los potenciales riesgos higiénicos.

Preparar el estudio de campo

– Determinar los contaminantes a evaluar.
– Estimar el orden de magnitud de la exposición.
– Buscar o revisar los métodos de medición.
– Calibrar los equipos.
– Montar el equipo de campo.
– Obtener el equipo de protección personal necesario.

Dirigir el estudio de campo

– Comprobar que las operaciones y tareas se realizan según lo previsto.
– Avisar a los mandos y trabajadores.

– Realizar las mediciones o muestreos.
– Recoger los datos complementarios necesarios.
– Sellar e identificar las muestras que requieran análisis.
– Transportar las muestras de acuerdo con sus requisitos específicos



Figura 5-2

Evaluar los resultados

– Obtener y/o calcular los resultados de las mediciones y análisis.
– Determinar la exposición diaria.
– Determinar las exposiciones pico o las de corta duración.
– Tener en cuenta los posibles efectos aditivos.
– Comparar los resultados con los niveles de referencia establecidos.

Informar de los resultados

– A la dirección.
– A los representantes de los trabajadores.

Implantar las medidas correctoras

– Modificar o sustituir el proceso.
– Modificar o sustituir los equipos.
– Modificar o sustituir los materiales.
– Eliminar el agresivo en el origen.
– Desplazar y/o diluir el contaminante.
– Aislar el proceso.
– Aislar a los trabajadores.
– Métodos y hábitos de trabajo.
– Reducir el tiempo de exposición.
– Protección personal.
– Control biológico.
– Reconocimientos médicos.

Control de resultados

– Resultado de los controles médico-biológico.
– Reclamaciones de los trabajadores.
– Visitas al servicio médico.
– Costo de las bajas y tratamiento de las afecciones.
– Absentismo por enfermedad.
– Resultados de los controles periódicos de exposición.

Bases para la determinación del riesgo higiénico

El control del riesgo higiénico descansa en la evaluación del riesgo ya que de una parte, permite cuantificar la gravedad y extensión del problema, por otra, muestra la evolución en el tiempo y descubre en que medida se mejora o empeora.

Por otra parte, es el acto de comparar el resultado de una medición con el valor de referencia, es decir, en este caso con el límite que no se desea sobrepasar. Una vez diferenciadas ambas etapas, es necesario destacar que la medición no siempre tiene por objeto evaluar el nivel de riesgo; es posible enfocarla con muy diversos fines, tales como:

– Conocer el nivel real de exposición de los trabajadores.
– Confirmar si algunos puestos de trabajo están claramente por encima o por debajo de los límites aceptables.
– Identificar emplazamientos a periodos de elevada exposición.
– Localizar fuentes de emisión.
– Estimar la eficacia de las medidas correctoras implantadas.

Bases para la estrategia de la evaluación

La evaluación será función, entre otros factores, de las características propias de la actividad, de los agentes presentes y de los sistemas de control existentes.

En este apartado quedan comprendidos los siguientes puntos:

Identificación de las exposiciones potenciales

Conocer los agentes químicos presuntamente presentes en el puesto de trabajo, procedentes de materias primas, impurezas, productos intermedios, productos finales, productos de reacción y subproductos. Selección de los límites a aplicar.

Determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo

Las características de los procesos y de los procedimientos de trabajo (tareas, proceso de producción, sistemas de control del riesgo, carga de trabajo, etc...) son determinantes para establecer un programa de medición y evaluación apropiado.

Evaluación de la exposición

Para efectuar la comparación con el valor límite deben recogerse datos sobre la distribución temporal y espacial de las concentraciones en los puestos de trabajo, lo cuál supone realizar un proceso de medición fino.

Sin embargo, no siempre es necesario llevar a cabo estudios de tanta precisión. Si se prevé que los niveles están claramente por encima o por debajo del valor límite, es posible plantear la evaluación a tres niveles de complejidad:

– Estimación inicial
– Estudio básico
– Estudio detallado

Bases para la estrategia de la medición

La medición debe dar respuesta a los condicionantes derivados de la estrategia de la evaluación, anteriormente elaborada. Por otra parte se ha de dar un enfoque que permita obtener datos cuantitativos de la exposición, con un eficaz uso de los recursos disponibles, es decir, diseñando la medición y utilizando técnicas acordes con la precisión requerida (ver norma UNE-EN-482).

Los principales aspectos que comprende esta etapa son:

Selección de los trabajadores para las mediciones de la exposición

Por lo general, medir a todos los trabajadores supone un costo excesivo, pero el planteamiento contrario (extender el resultado obtenido en un puesto de trabajo al resto de los trabajadores) ofrece escasas garantías de fiabilidad.

No existen procedimientos de selección definidos con precisión, pero suele ser aconsejable dividir a los trabajadores por grupos de exposición presuntamente homogénea, seleccionar aleatoriamente los trabajadores a medir o muestrear, confirmar la presunción de homogeneidad y asignar el resultado obtenido a todo el grupo.

Selección de las condiciones de medición

Comprende la definición de todos los aspectos que hagan que los resultados sean representativos (muestreos personales en la zona respiratoria del trabajador), que correspondan con condiciones de trabajo y de las instalaciones normales que identifiquen las variaciones temporales (dentro de la jornada y en la jornada), etc...

Ocasionalmente, pero siempre que sea válido para evaluar la exposición del trabajador, es posible sustituir el muestreo personal por mediciones en un punto fijo o de la situación más desfavorable.

Modelo para la medición

El muestreo debe organizarse de manera que los datos sean representativos de las tareas identificadas para periodos conocidos. Donde las tareas cambian durante el periodo de trabajo puede ser interesante iniciar un nuevo muestreo con cada cambio de actividad, o considerar las distintas situaciones que provocan variaciones de la exposición.

Procedimiento de medida

El procedimiento de medida debe incluir aspectos tales como los agentes objeto de la evaluación, el procedimiento de muestreo y análisis, la duración del muestreo, la programación temporal de muestras, etc.

Localización de la medición:

– Mediciones ambientales:
– Muestreo de un área.
– Muestreo general.
– No hay limitación en el tamaño del muestreador.
– Ubicación fija.

– Mediciones personales:
– Area del trabajador.
– Muestreadores pequeños.
– Muestreadores autónomos.

Conclusión de la evaluación de la exposición laboral

El resultado obtenido de la exposición laboral de debe comparar con el límite aplicable y es necesario alcanzar una conclusión que, necesariamente, deberá ser que la exposición es superior al valor límite, que es muy inferior y probablemente permanezca así a lo largo del tiempo, o que se está en una situación intermedia siendo necesario realizar mediciones periódicas.

Para calcular la exposición del puesto de trabajo a partir de los resultados de muestras individuales se utiliza la expresión:

$\Sigma C_i T_i / \Sigma T_i = C_1 T_1 \sim + C_2 T_2 + ... + CnTn / 8$

donde,

C_i = concentración obtenida para una muestra.

T_i = tiempo de la muestra.

8 = duración de la jornada de trabajo.

Jornadas distintas a la jornada tipo (8 horas/día) requieren corrección por tiempo de exposición.

CONSIDERACIONES EN EL MUESTREO DE CONTAMINANTES QUIMICOS

Antes de proceder a la **captación y muestreo** de contaminantes químicos en la atmósfera de trabajo es preciso llevar cabo las siguientes acciones:

Realizar una encuesta higiénica: Es la investigación sistemática de todos los factores relacionados con el puesto de trabajo y su entorno. Comprende el estudio de los siguientes aspectos:

1. **Aspectos basicos relacionados con el puesto de trabajo**. Se investigan esencialmente los siguientes:

✓ Actividad en el área de trabajo objeto de estudio
✓ Lista de productos manipulados
✓ Características de los procesos
✓ Equipos e instalaciones existentes
✓ Organización del trabajo, teniendo en cuenta:
  – Número de trabajadores implicados
  – Edad y sexo de los mismos
  – Susceptibilidad individual de cada trabajador
  – Horario y régimen de turnos
  – Distribución física de los locales, áreas y puestos
  – Referencias epidemiológicas

2. **Identificación del riesgo higiénico**. Para lo que se requiere:

✓ Recopilar conocimientos sobre la tecnología de la actividad desarrollada.
✓ Identificar los posibles factores de riesgo relacionados con las sustancias manipuladas.
✓ Buscar las posibles correlaciones entre los datos epidemiológicos obtenidos y los factores de riesgo detectados.
✓ Estudiar aquellos factores que puedan influir sobre las condiciones de trabajo. originando, aumentando o disminuyendo un determinado problema higiénico.
✓ Seleccionar los equipos adecuados para efectuar las valoraciones requeridas.

Definir estrategia de muestreo: Forma en que tiene lugar el desarrollo operativo de un proceso de toma de muestras. En este sentido debo tener en cuenta:

• Elección del método
• Selección de los puestos de trabajo (nº personas implicadas)
• Nº de muestras a tomar
• Duración de cada muestra

Calibrado de equipos: Operación u operaciones orientadas a determinar la magnitud de los parámetros significativos de una medida (p.e. caudal)

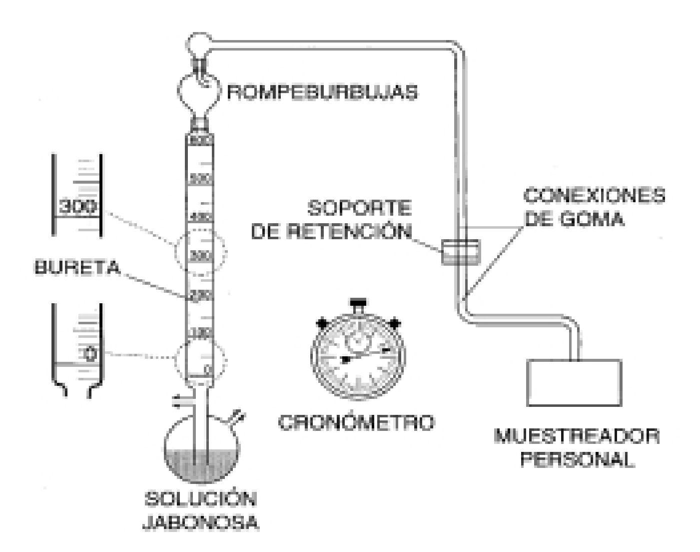


Figura 5-3: ESQUEMA DE LA CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO DE MUESTREO DE CONTAMINANTES QUÍMICOS

Estrategia del muestreo y métodos

En función de los objetivos se pueden definir distintos procedimientos de medición, habiendo quedado recogidos los más significativos, así como los requisitos que deben cumplir, en la UNE-EN-482 sobre "**requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos**".

La evaluación más característica en Higiene Industrial, y en la que resulta más crítica la representatividad de los resultados, es aquella que pretende valorar el riesgo, por lo que con objeto de armonizar los métodos de actuación y los conceptos básicos, se ha elaborado la norma UNE-EN-689 sobre "**directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de muestreo.**

En el apartado de objeto y campo de aplicación deja completamente claro su alcance ya que señala:

"Esta Norma Europea proporciona las directrices para la evaluación de la exposición a los agentes químicos en las atmósferas de los lugares de trabajo. Describe una estrategia para comparar la exposición laboral por inhalación de los contaminantes químicos en el lugar de trabajo con los valores límite y una estrategia para la medición".

Se entiende por **Estrategia:** La forma en que tiene lugar el desarrollo operativo de un proceso de toma de muestras. Antes de emprender un programa de muestreo es preciso tener en cuenta:

Elección del método de muestreo
Selección de los puestos de trabajo
Número de muestras a tomar
Duración de cada muestra

Elección del método de muestreo

- El método de muestreo de un contaminante está estrechamente relacionado con el método analítico.
- Se recomienda seguir las normas establecidas por los órganos competentes de la administración o en su defecto instituciones nacionales (INSHT) e internacionales (NIOSH, ACGIH) de reconocido prestigio en higiene industrial.

En todo método de muestreo deben figurar los conceptos siguientes:

✓ Contaminante para el que se aplica
✓ Dispositivo de captación
✓ Volumen de aire a recoger
✓ Caudal del muestreador
✓ Cantidad mínima de muestra que debe captarse

Siempre que sea posible debe recurrirse al personal, poniendo el dispositivo de captación cerca de las vías respiratorias del operario portador del equipo.

Si se lleva acabo un muestreo ambiental o estático igualmente se debe situar a la altura respiratoria de los operarios y lo más cerca posible de su espacio de trabajo, evitando la proximidad al punto de emisión del contaminante.

Selección de los puestos de trabajo

Desde un punto de vista **teórico** riguroso para tener la absoluta certeza de detectar la persona o personas sometidas a la máxima exposición debería muestrearse cada puesto/s o trabajador potencialmente expuesto/s.

(Asumir que la Concentración media de un grupo representa a todo el conjunto puede conducir a errores que llegan a superar incluso el 100%).

En la **práctica** la selección de puestos o personas puede simplificarse teniendo en cuenta :

A) Proximidad al foco generador del contaminante

B) Trayectoria de las corrientes de aire natural o forzadas

C) Tiempo de permanencia en un puesto determinado.

Cuando no sea posible seleccionar con garantías a la totalidad de trabajadores se debe recurrir a **criterios estadísticos** de muestreo parcial aleatorio, cuya finalidad es localizar un subconjunto de tamaño adecuado, que con un determinado nivel de confianza permita encontrar al menos un trabajador sometido a exposición máxima.

Número de muestras a tomar

Una sola muestra tomada al azar no suele ser suficiente en la valoración del riesgo higiénico pues los contaminantes químicos no se generan a velocidad constante y por lo tanto su concentración en el ambiente de trabajo varía de modo continuo a lo largo de la jornada de trabajo.

Tomando como base las 8 horas de una jornada laboral, que además suele coincidir con el tiempo de definición de los valores limite, con el que se comparan los resultados de las muestras tomadas, caben distinguir cuatro formas diferentes de realizar el muestreo:

➡ Muestras consecutivas tomadas en periodo completo: Tomar 2 o más muestras consecutivas de igual o distinta duración en toda la jornada laboral. Se considera la mejor forma de muestrear y su representatividad crece con el nº de muestras.

➡ Muestra única en periodo completo: Mediante este método, se toma una sola muestra para toda la jornada. Aunque se considera la 2ª mejor opción sólo se suele utilizar cuando el volumen a recoger es muy grande.

➡ Muestras consecutivas tomadas en periodo parcial: Consiste en tomar muestras de igual o distinta duración para parte de la jornada laboral. Sólo válido si es al menos el 70% de la jornada y si no varían las condiciones de trabajo sensiblemente en el tiempo "t" donde no se toma la muestra.

➡ Muestras puntuales: Consiste en tomar diversas muestras de corta duración y aleatoriamente en la jornada. Es la menos adecuada para la evaluación del riesgo higiénico.

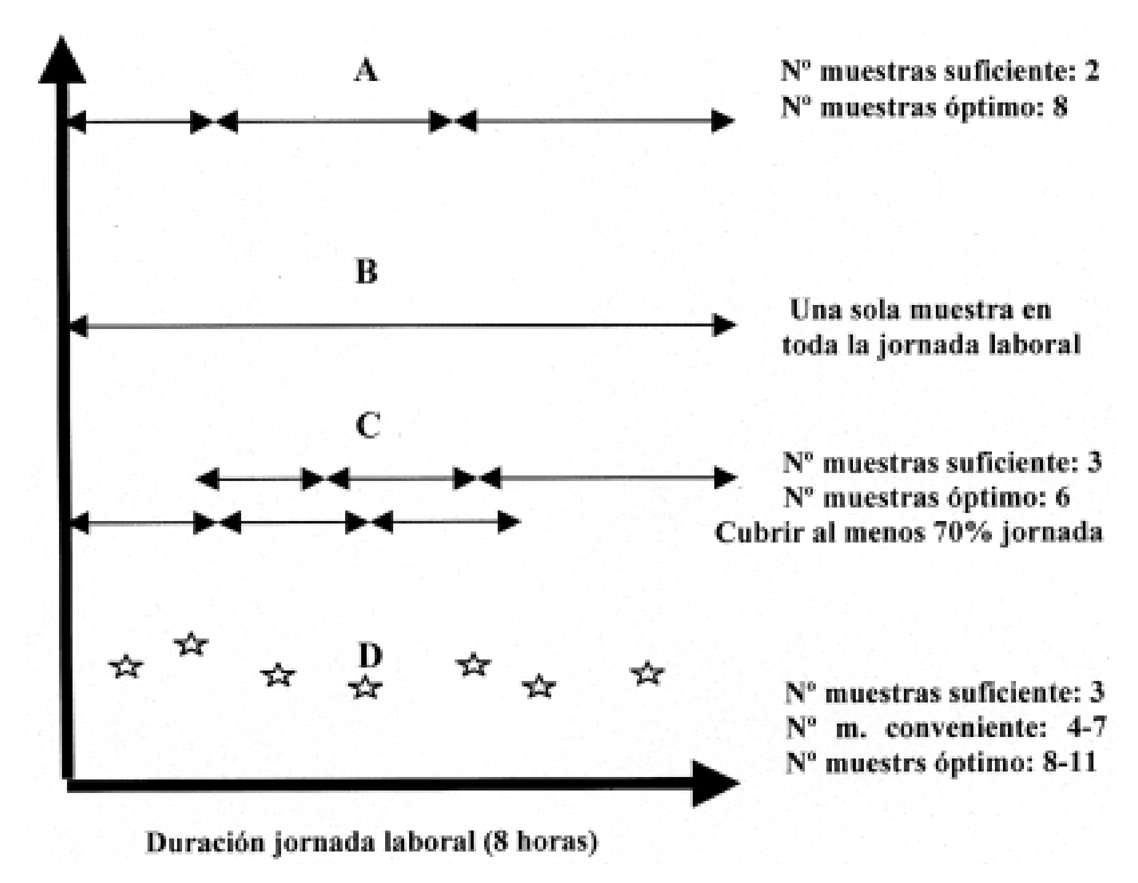


Figura 5-4: DIFERENTES FORMAS DE REALIZAR UN MUESTREO DE CONTAMINANTES QUÍMICOS DURANTE UNA JORNADA DE 8 HORAS

Duración de cada muestra

El **tiempo de muestreo** depende fundamentalmente del volumen de aire que se desea recoger y del caudal del muestreador. Así mismo dicho volumen es función de la cantidad mínima de muestra necesaria para ser detectada por el método analítico (sensibilidad del propio método).

En ocasiones viene condicionado por la duración de las actividades laborales o ciclos de trabajo por lo que se requieren métodos muy sensibles para detectar la pequeña cantidad recogida.

En general siempre es más adecuado el de larga duración que tomar muestras puntuales.

Calibración de equipos de muestreo

Se entiende por **calibración** como la operación o conjunto de operaciones orientadas a determinar la magnitud de los parámetros significativos de una medida. Su finalidad principal es minimizar el error instrumental.

El procedimiento más utilizado en la calibración de las unidades y equipos de muestreo de contaminantes químicos es el flujómetro de pompa de jabón, actualmente en desuso:

Utiliza una bureta invertida de vidrio, cuyo extremo inferior se haya en contacto con una disolución jabonosa, mientras que en la superior se conecta a la unidad de muestreo mediante un tubo flexible

Al poner en funcionamiento la citada unidad se forma una burbuja que asciende verticalmente por la bureta y mediante la medida del tiempo con un cronometro en el que dicha burbuja tarda en recorrer un volumen definido por dos aforos, tenemos el caudal

$$Q = (60xV)/t \quad \text{en l/min.}$$

Donde **Q** es el caudal de la unidad de muestreo en litros/minuto y **V** el volumen en litros atravesado por la burbuja en un tiempo **t** en segundos.

En la actualidad se utilizan calibradores electrónicos digitales basados en el mismo principio, en los que el volumen atravesado por la burbuja, se lleva a cabo mediante células fotoeléctricas:



Figura 5-5: CALIBRADOR DIGITAL PARA EQUIPOS DE MUESTREO DE CONTAMINANTES QUÍMICOS

Métodos de muestreo

El procedimiento de la toma de muestras de un contaminante químico debe siempre estar vinculado al análisis, de modo que nunca se deben improvisar ni uno ni otro. En este sentido se recurre a métodos normalizados y validados por instituciones de reconocido prestigio nacional o internacional. se recomiendan los siguientes:

- **Normas UNE:** Las normas UNE propuestas para la determinación de contaminantes químicos en la atmósfera de trabajo son por ejemplo entre otras:

  UNE 81-551 (89) Calidad del aire. Atmósfera en los puestos de trabajo. Determinación de fibras de amianto en aire. Método del filtro de membrana/microscopía óptica.

  UNE 81-569 (91) Calidad del aire. Atmósferas en el puesto de trabajo. Determinación de plomo metálico y sus compuestos iónicos. Método de espectrofotometría de absorción atómica de llama.

  UNE 81-580 (92) Calidad del aire. Atmósferas en los puestos de trabajo Determinación de n-hexano y tolueno. Método de muestreador pasivo/desorción con disolvente/cromatografía de gases.

  Otros: UNE 81-581 (92) (Hidrocarburos aromáticos), **UNE 81-582 (92)** (Hidrocarburos clorados), **UNE 81-583 (92)** (Hidrocarburos alifáticos), **UNE 81-584 (92)** (Alcoholes), **UNE 81-587 (94)** (Metales), **etc.**

Sirva como ejemplo de la metodología que utilizan la tabla 5-1

NORMA UNE	NOMBRE DE LA SUSTANCIA	NÚMERO CAS	SISTEMA DE CAPTACIÓN	CAUDAL (1/MIN)	VOLUMEN DE AIRE (1)
81551 (89)	Fibras de amianto	12001-29-5	Filtro de ésteres de celulosa de 1,2mm(*)	1	variable(**)
81569 (91)	Plomo y sus comp. inorg.	7439-92-1	Filtro de ésteres de celulosa de 0,8mm	1 -4	>200

Tabla 5-1: EJEMPLOS DE NORMAS UNE

Métodos de muestreo propuestos por el INSHT:

Los procedimientos de muestreo y análisis propuestos por dicho Instituto , se recogen en los llamados "MÉTODOS AMBIENTALES" (MA) de los que, cabe destacar los siguientes:

MTA/MA-010/A87: Determinación de fibras de amianto en aire- Método del filtro de membrana/Microscopía óptica.

MTA/MA-011/A87: Determinación de plomo en aire -Método del filtro de membrana/Espectrofotometría de absorción atómica.

Otros, MTA/MA-018/A89 (Formaldehido), **MTA/MA-019/A90** (Acidos inorgánicos), **MTA/MA-020/A91** (Oxidos de nitrógeno), **MTA/MA-029/A92** (Hidrocar. Alifáticos), **MTA/MA-030/A92** (Hidrocarburos aromáticos), **etc.**

Métodos desarrollados por el NIOSH:

En la tabla 5-2 se muestra un ejemplo de las condiciones de muestreo recomendadas por el NIOSH, para la toma de muestras de diversos contaminantes químicos, indicando su fórmula y número CAS (Chemical Abstracts Service, de American Chemical Society), sistema de captación, caudal de muestreador y volumen de aire requerido, así por ejemplo:

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FÓRMULA	NÚMERO CAS	SISTEMA DE CAPTACIÓN	CAUDAL (l/min)	VOLUMEN DE AIRE(l)
Aceite mineral (niebla)	----	Varios	Filtros ésteres celulosa apareados 0,8 mm	1,5- 2	100
Acetaldehido	CH3-CHO	75-07-0	Tubo de gel de sílice	0,2	12

Tabla 5-2: CONDICIONES DE MUESTREO (NIOSH)

Aspectos analíticos en una toma de muestras

Soporte de captación:

A) Naturaleza (ej. acetato de celulosa)
B) Tipo (diámetro y porosidad)
C) Calidad del soporte (calidad del agua o reactivos)
D) Rendimiento
E) Capacidad de soporte

Cantidad de muestra:

Un peso o cantidad de muestra inadecuada puede tener una influencia notable y variada, por ejemplo sobre eficacia de la captación, transporte, manipulación, determinación analítica, etc.

La cantidad de muestra recogida durante la toma de muestras es el resultado de dos parámetros

1.- Concentración ambiental y
2.- Volumen aire muestreado

Interferencias:

1.- Fruto de la composición cualitativa y cuantitativa del medio ambiente muestreado.
2.- Y de la mayor o menor especificidad del método analítico

Tipo de instrumentación a utilizar y sistemática a seguir

Para realizar la toma de muestras de los contaminantes químicos en el medio laboral y ver el tipo de instrumentación a utilizar, se deben tener en cuenta los siguientes puntos íntimamente relacionados entre sí:

- Tiempo para el que esta definido el límite de exposición o valor referencia (TLV-TWA, TLV-C, etc.).

- Estado físico del contaminante presente y las propiedades que de ellos se quieren medir.

- Técnicas de muestreo-análisis.

Estos tres puntos junto con la estrategia de muestreo (nº de muestras por jornada y duración), en función del objeto del estudio y la localización de las medidas Ambientales o Personales), definen el tipo de instrumentación a utilizar.

La determinación del contaminante y su concentración se pude efectuar de una manera directa en el lugar de trabajo **(Medición)** o bien mediante una **(Toma de muestra),** que consiste en la captación de los contaminantes sobre un soporte para su posterior análisis en el laboratorio.

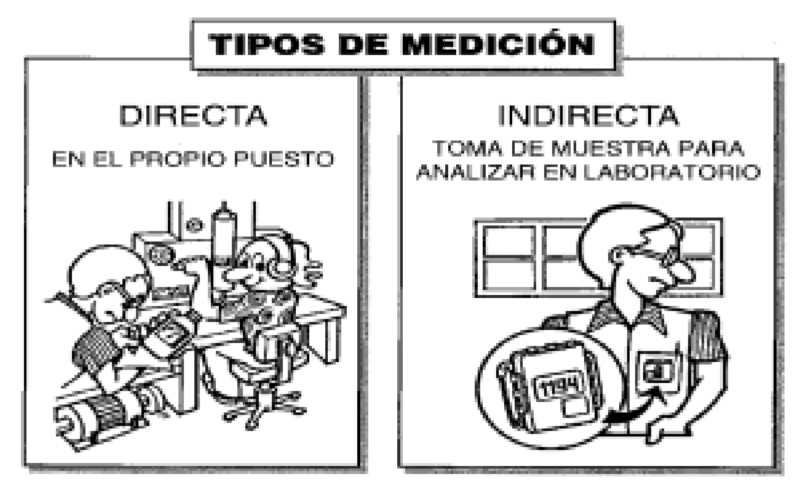


Figura 5-6

Tipo de instrumentación

Los **sistemas de lectura directa** permiten disponer de los resultados de la medición de forma inmediata, así como prescindir de la infraestructura analítica, con las ventajas de que ello comporta. Aunque en contrapartida, los errores intrínsecos de este tipo de instrumentos son, en general, elevados, repercutiendo esto en la valoración final del riesgo higiénico.

La **toma de muestras** se puede llevar a cabo mediante la captación directa de aire del ambiente o bien mediante la utilización de un soporte que retenga al contaminante. En ambos casos es preciso que exista una técnica analítica posterior que determine cualitativamente y cuantitativamente la presencia de los contaminantes.

Las mediciones y toma de muestras pueden ser estáticas y personales:

Las **mediciones** y **toma de muestras estáticas** se basan en la determinación de concentraciones en zonas de trabajo concretas, representativas del ambiente general. No suele tener limitación de tamaño por ser de ubicación fija y permite obtener datos suficientes del grado de contaminación, siendo eficaces para la obtención de datos de cara al trabajo posterior de ingeniería de procesos y control ambiental.

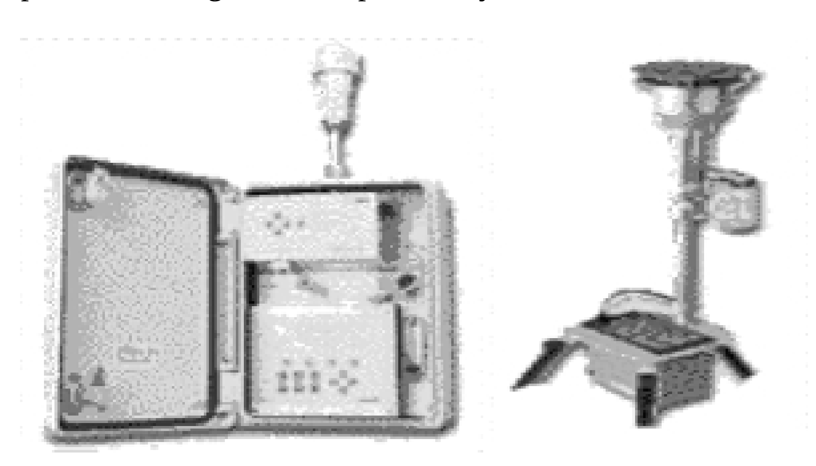


Figura 5-7: EQUIPOS DE MEDICIONES Y TOMA DE MUESTRAS ESTÁTICAS O FIJAS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS

La **medición** y la **toma de muestras personales** suponen la utilización de instrumentos de tamaño reducido y comportamiento autónomo, pues acompañan al operario durante su trabajo.

Esta técnica da una idea más exacta de la exposición real, pues recoge información de las distintas incidencias durante el desarrollo de las diferentes tareas. El inconveniente está en que depende en exceso de los hábitos del trabajador y no informa sobre los principales focos o fuentes de información.



Figura 5-8: EQUIPO DE TOMA DE MUESTRAS PERSONAL DE CONTAMINANTES QUÍMICOS

Esta técnica da una idea más exacta de la exposición real de los trabajadores a los contaminantes, dado que recoge información de las distintas incidencias durante el desarrollo de las diferentes tareas.

El inconveniente principal de este método es que depende excesivamente de los hábitos de trabajo de cada persona, así como la escasa información que proporciona sobre las principales fuentes o focos de información.

El muestreo personal a su vez se puede realizar de dos formas:

Zonal (una sola zona) o **Permanente** (para distintas zonas)

Zonal: en el cual se toman diferentes muestras según zona de trabajo. De esta forma se puede valorar mejor dónde existe peligro higiénico, identificar los focos y así poder adoptar las medidas correctivas pertinentes.

Permanente: el trabajador lleva el aparato de muestreo fijo independientemente de las zonas por donde se mueva.

El muestreo personal es el más utilizado en la actualidad para la evaluación ambiental, dado que las concentraciones de un contaminante en el ambiente de trabajo son muy variables en tiempo y espacio, el sistema estático por tanto no es el más adecuado.

Duración

La **medición** y el **muestreo puntual** se basan en la determinación de la concentración en un espacio muy corto de tiempo. Este procedimiento se utiliza en seguir fases de proceso o en determinados pico de concentración que se puedan originar en el ambiente de trabajo.

La **medición** y el **muestreo contínuo** se basan en la determinación de la concentración en un espacio de tiempo largo, incluso la jornada completa de 8 horas o en casos especiales de mayor extensión, con el fin de obtener concentraciones promedio representativas de la jornada laboral.

Lo ideal sería la combinación de ambos métodos con el fin de obtener la concentración promedio a lo largo de la jornada y las concentraciones pico en momentos críticos de los procesos.

Sistemas de medición de lectura directa de los contaminantes

Medición de gases y vapores
Instrumentos colorimétricos
Papeles reactivos
Liquidos reactivos
Tubos colorimétricos
Dosimetros colorimétricos
Instrumentos no colorimétricos: monitores de lectura directa
Eléctricos
Térmicos
Electromagneticos
Quimi-electromagneticos
Medición directa de aerosoles
Instrumentos ópticos
Instrumentos eléctricos

Sistemas activos

Realizan el muestreo y análisis en el propio instrumento obteniendo la concentración del contaminante directamente.

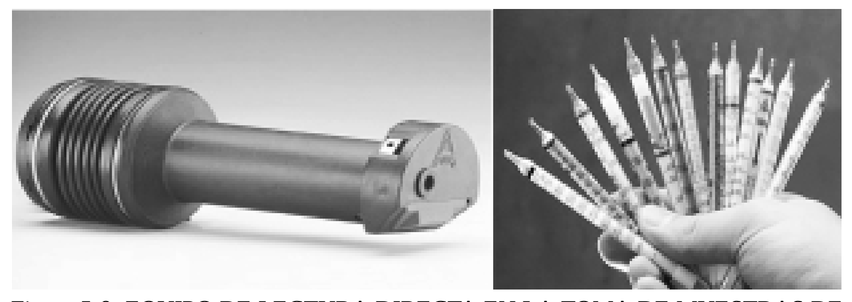


Figura 5-9: EQUIPO DE LECTURA DIRECTA EN LA TOMA DE MUESTRAS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS. BOMBA Y TUBOS CLORIMÉTRICOS

La determinación de concentraciones ambientales mediante instrumentos de medida directa presenta algunas **ventajas** respecto al sistema de toma de muestras, entre las que podemos destacar:

Ventajas:

• Rapidez en las determinaciones
• Obtención de muestras puntuales de interés

• Economía
• Manipulación sencilla (interpretación especializada)

Desventajas:

• Escasa precisión
• Frecuentes interferencias

Por la forma de presentarse los contaminantes en el ambiente clasificamos los instrumentos de lectura directa en:

1.– Gases y vapores:

Este tipo de instrumentos por su sencillez, facilidad de utilización y por la amplia gama de contaminantes que abarcan, son uno de los métodos más extendidos. Se basan en el cambio de color que sufre una sustancia (reacción colorimétrica) al reaccionar con un contaminante determinado.

Tipos:

A) Indicadores colorimetricos: (papeles y líquidos reactivos, tubos indicadores con reactivo sólido, dosímetros colorimétricos para gases, mezcla de anteriores),
B) Eléctricos,
C) Térmicos,
D) Electromagnéticos,
E) Quimioelectromagnéticos,
F) Magnéticos

2.- Aerosoles:

A) Ópticos,
B) Eléctricos
C) Piezoeléctricos



Figura 5-10: EQUIPOS DE LECTURA DIRECTA PARA GASES Y VAPORES DE TIPO ELECTROQUÍMICO

Instrumentos o tubos colorimétricos

Los tubos indicadores o colorimétricos (drager, kitagawa, Gas Tester, etc.) son tubos de vidrio relleno de material poroso (sólido granulado como gel de sílice u óxido de aluminio) impregnado de una sustancia química reactiva que da una mancha de una determinada coloración. (Ver figura 5-12) La longitud de la mancha producida nos marca la concentración de contaminantes según el volumen de aire que ha circulado (número de emboladas).

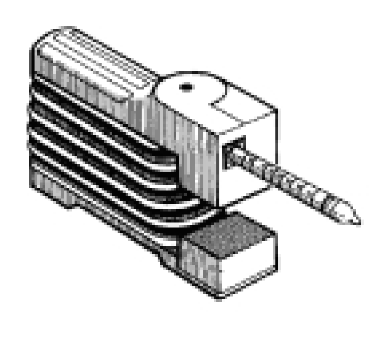



Figura 5-11: BOMBAS ACCURO Y AUER GAS-TESTER CON TUBOS COLORÍMETROS

En la actualidad pueden determinarse más de cien contaminantes diferentes con tubos colorimétricos específicos. Sus APLICACIONES PRACTICAS son las siguientes

– Determinaciones en ambientes cerrados o peligrosos antes de acceder a ellos.
– Detección rápida de los focos de contaminación
– Utilización en estudios preliminares para tener una aproximación del posible grado de riesgo.
– Detección de posibles contaminantes y evaluación de un ambiente contaminado por unas sustancias previamente conocidas, que no requiera un grado elevado de precisión y exactitud.
– Determinación de las concentraciones que se provocan en emisiones esporádicas propias de operaciones de muy corta duración.
– Determinaciones puntuales paralelas a toma de muestras de mayor duración para la cuantificación de posibles concentraciones pico.

Son los mas utilizados para la detección de gases y vapores, y pese a que la técnica ha evolucionado con sistemas muy sofisticados, su valoración higiénica no es muy recomendable debido a:

• La deficiente calibración del fabricante
• Mantenimiento de un stock dentro de las fechas de caducidad y almacenamiento en condiciones favorables.
• Aspiración de un volumen de aire incorrecto por perdida de hermetismo de la bomba.
• Poca especificidad de la reacción química, alterada por la presencia de otros contaminantes (interferencias) y la influencia de la Tª o H.R. ambiental (lecturas poco precisas, con coeficientes de variación que oscilan entre el 5 y el 40 %).

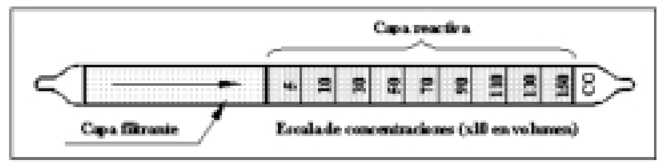


Figura 5-12: EJEMPLO DE UN TUBO COLORIMÉTRICO



Figura 5-13: DETECTOR COLRIMÉTRICO RAE CON TUBOS COLRIMÉTRICOS

Existen en el mercado tubos colorimétricos de mayor tamaño conectados a bombas automáticas de aspiración. Con estos dispositivos se puede llevar a cabo muestreos personales y prolongados.

Instrumentos no colorimétricos: monitores para gases o vapores

Instrumento preciso y de medida directa constituido por un sensor que produce una señal eléctrica constante o a intervalos regulares proporcional a la concentración del contaminante presente en la atmósfera y recogido en una pantalla digital. Su diseño se basa en el principio de detección por principios físicos o químicos diversos.

Estos instrumentos conocidos generalmente como monitores, que suelen ser los más específicos para los contaminantes previamente identificados, pueden ser portátiles o bien ubicarse en las zonas de medición (monitorización) y se utilizan principalmente para evaluaciones y controles preliminares, localización de focos de contaminación (fugas en conductos o recipientes) o estimación del posible riesgo para la salud.

Algunos de los contaminantes que pueden medirse con estos aparatos son los siguientes: Amoniaco, cloro, mercurio, ácido cianhídrico, sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, ozono, fosgeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, etc. Los sensores para cada contaminante suelen ser de tipo electroquímico.

Los monitores pueden ser continuos o discontinuos y están constituidos fundamentalmente por un sensor de entrada, que genera una señal eléctrica constante o a intervalos regulares, proporcional a la concentración del contaminante presente en la atmósfera y que es registrada en un dial. El registro puede venir en unidades de concentración o eléctricas.

– Los principales sensores que se utilizan son:

Eléctricos: Cuando los parámetros eléctricos cambian inducidos por propiedades físicas o químicas del contaminante (alteraciones en la conductividad por fenómenos de ionización, electrolíticos, variaciones potenciometricas, etc.) Ej. Sensor electroquímico.

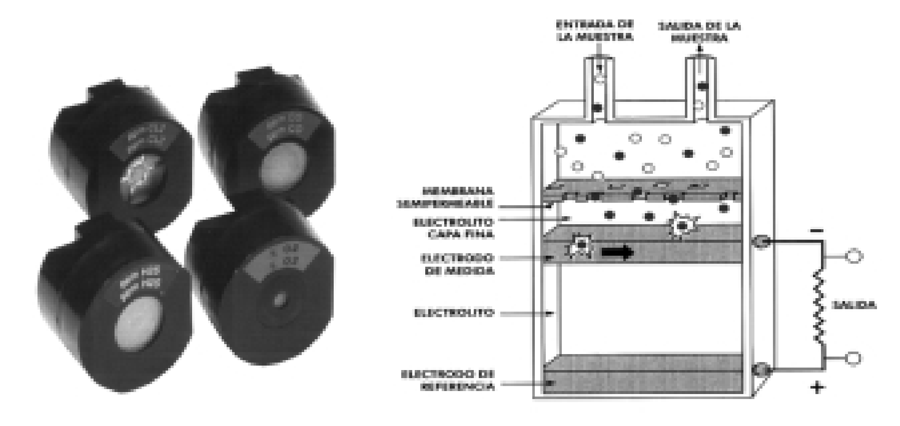


Figura 5-14: SENSORES ELECTROQUÍMICOS Y ESQUEMA DE SU FUNDAMENTO

Térmicos (o de combustión catalítica): Se acusa el calor de combustión o conductancia del gas. Detección de las variaciones en las propiedades térmicas de los gases: conductividad y combustión. Este es el principio de aplicación en la construcción de explosímetros, aparatos de alarma en atmósferas combustibles. El principio de funcionamiento se basa en el puente de WHEATSTONE. Cuando el puente está equilibrado (elemento catalítico expuesto al aire) no pasa corriente por el miliamperímetro. La oxidación de la superficie del elemento catalítico aumenta su resistencia eléctrica y produce un paso de corriente.

Electromagnéticos: Utilizan la energía de radiación UV, VIS o IR para detectar la señal en base a fenómenos moleculares de interacción matería-energía por absorción, emisión o dispersión de la radiación Estos aparatos son de gran utilidad debido a la simplicidad de diseño y manejo, pero hay que tener en cuenta sus limitaciones e interferencias, por lo que la interpretación de los resultados obtenidos deberán ser interpretados por personas que conozcan sus fundamentos. La precisión del instrumental vendrá marcada por el fabricante, y se deberán realizar calibraciones periódicas de los aparatos, así como la sustitución de los sensores cuando lo requieran.

Quimioelectromagnéticos: Se cuantifica la radiación emitida o absorbida del gas por técnicas fotométricas o calorimétricas

Magnéticos: Cuando hay deflección de moléculas ionizadas a través de un campo magnético y su clasificación según su carga/masa.





Figura 5-15: EQUIPOS DE LECTURA DIRECTA PARA GASES O VAPORES

Medición directa de aerosoles

Instrumentos ópticos:

Fundamentados en propiedades ópticas de una partícula o un conjunto de partículas. Los más simples, aplicables a grandes concentraciones de luz al aerosol. Si la concentración no es lo suficientemente elevada, se utiliza el método de la dispersión de la luz. Dentro de este tipo se encuentran los siguientes:

– Instrumentos para la medición de conjuntos de partículas con fuente de luz VIS.
– Instrumentos para la medición de partículas individuales con fuente de luz VIS.
– Fotómetros con fuente de rayos láser.
– Reflectometría.
– Emisión espectral.

En resumen se basan en:

A) Extinción de la luz al atravesar el aerosol (Aplicable a grandes concentraciones de partícula en ambiente).
B) Dispersión de la luz (Para partículas en baja concentración).

Instrumentos eléctricos:

Se basan en la interacción entre partículas suspendidas en el aire y sus cargas.

A) En el primero, las partículas adquieren una carga eléctrica proporcional a su tamaño al pasar a través de una nube de iones. Esta carga es lo que se mide.

B) En segundo, se mide la intercepción de un haz de iones debido a la presencia del aerosol.

Monitores piezoeléctricos:

Miden la masa del aerosol por el cambio de la frecuencia de resonancia de un cristal piezoelectrico de cuarzo

Sistemas de toma de muestras:

Para obtener la concentración de contaminantes que existe en una muestra, hay que llevar a cabo una serie de pasos:

– Los contaminantes presentes en el aire, (en forma de polvo, humo, vapor) son transferidos mediante un sistema de captación o muestreo apropiado a un soporte (filtro, líquido, sólido absorbente, etc.) que los retiene y da origen a la muestra.
– Esta muestra es enviada al laboratorio de análisis, donde se recupera el contaminante, se prepara y analiza siguiendo un procedimiento analítico establecido, mediante las técnicas adecuadas: ANÁLISIS

Hay que destacar la íntima relación entre el sistema de toma de muestra y el método analítico que después se va a aplicar para efectuar análisis de la muestra.

El procedimiento de toma debe cumplir básicamente dos condiciones:

– Debe ser capaz de proporcionar una muestra representativa del ambiente que se estudia, por lo cual es necesario establecer el lugar, momento y duración de la muestra, así como el caudal a utilizar y volumen.
– Debe ser adecuado tanto al estado físico del contaminante, como al método analítico al que será sometida la muestra para su análisis.

La representatividad de la muestra puede estar influenciada por la variación de la concentración y duración en el puesto de trabajo, caracterización y duración del ciclo de trabajo, variaciones aleatorias (corrientes de aire), modificación de operaciones, etc. No obstante, estas circunstancias son normalmente independientes del sistema de captación utilizado, y tan solo el caudal de captación y la capacidad de retención del soporte, pueden venir condicionados por el sistema de muestreo utilizado y afectar en último extremo a la representatividad de la muestra.

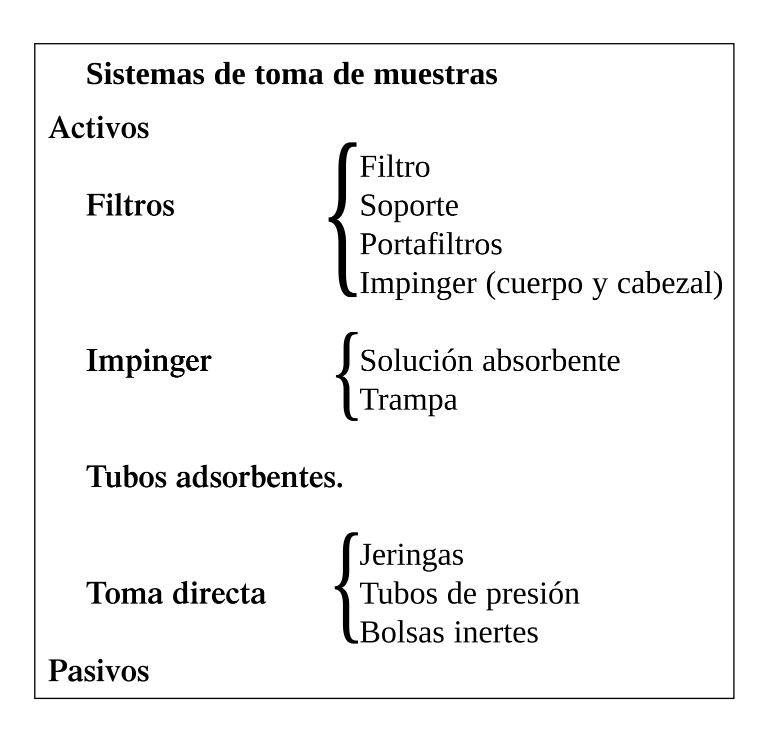
Cualquier sistema de toma de muestras debe tener bien definidos:

– El sistema de captación y soporte de la muestra.
– Volumen a muestrear (o tiempo de muestreo).
– Caudal de captación.

Conviene disponer siempre de la mayor información posible sobre el ambiente a muestrear: actividad industrial, fuentes de contaminación, productos utilizados, materias primas, posibles interferencias, etc.

Descripción de los principales sistemas de toma de muestras:

Los sistemas de toma de muestras pueden ser de dos tipos: activos y pasivos.



Sistemas activos:

El aire es forzado a pasar a través de un soporte de captación con ayuda de una bomba de aspiración o muestreador; mientras que en los sistemas pasivos es el propio contaminante que por fenómenos de difusión y permeación alcanza el soporte de la muestra y se reparte uniformemente en su seno.

Equipos de muestreo activo

El sistema de muestreo consta de dos partes: por un lado una bomba que es capaz de aspirar un determinado volumen de aire y por otra un soporte en donde queda retenido el contaminante o el volumen de aire aspirado.

Las bombas deben cumplir con los requisitos que marca la norma EN-12311, entre las que destacan:

– Ser utilizables en muestreos personales, es decir, han de ser de un tamaño y peso reducidos y funcionar de forma autónoma.
– La autonomía aconsejable es de 8 horas y se consigue mediante paquetes de baterías recargables.
– El caudal podrá ser ajustado a voluntad para poder adaptar el tamaño y duración de la muestra a los requisitos del muestreo.
– Estará dotada de un indicador de funcionamiento defectuoso. Por lo general, en estos casos, se paran automáticamente y registran la hora en se ha producido.
– Se suministrará con instrucciones en el idioma del país.

La toma de muestras activa es un procedimiento para obtener muestras de contaminantes, mediante el paso forzado de aire a través de un soporte con ayuda de un muestreador o bomba de aspiración o muestreador la captación del contaminante tiene lugar por fijación o concentración sobre el soporte utilizado.

Los principales soportes son:

– Filtros (en portafiltros o cassettes).
– Soluciones absorbentes (impingers o borboteadores)
– Solidos adsorbentes (en tubos de vidrio)

La naturaleza, el tipo y las características del soporte a utilizar son función de varios aspectos:

– Estado físico del contaminante (vapor, gas, partículas)
– Características químicas del contaminante.
– Método analítico.

Instrumentos para la toma directa de muestras de aire

Dispositivos que permiten almacenar y conservar una porción de aire objeto de estudio, sin mediar tratamiento que se analiza posteriormente en laboratorio, de interés para contaminantes gaseosos. Los dispositivos mas utilizados son bolsas inertes y jeringas.

Útiles en muestreo personal, monitoreo de áreas, determinación de niveles techo, en tiempos de exposición corto y para toma de muestras a granel desconocidas.

El aire contaminado se toma directamente mediante una bolsa de naturaleza inerte, normalmente son de 5 capas de plástico aluminizado y de capacidad entre 1 y 5 l, disponen de una válvula para permitir su llenado y posterior vaciado. El llenado puede

realizarse de forma manual o mediante una bomba impulsora, que posibilita un llenado regular a lo largo del tiempo y conocer el volumen muestreado.

Este sistema es de interés para gases como CO, N_2O, H_2S, freones, hidrocarburos ligeros, etc. Se recomienda su utilización cuando se desconoce la composición de los gases que puedan estar presentes en el ambiente.

Características de las bolsas inertes:

Impermeable a gases
Baja perdida de muestra durante el almacenamiento
Ausencia de absorción superficial (por muestras anteriores)
Flexibilidad y resistencia a un amplio rango de tª
Posibilidad de ser usada para muestras de agua
Orificios adecuados para llenado y extracción de la muestra
Disponibilidad de varios tamaños

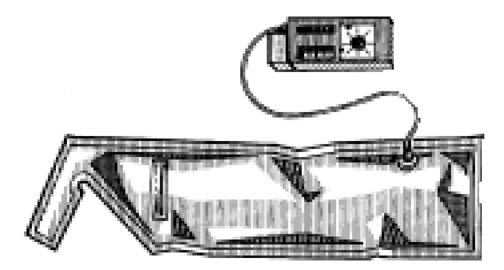


Figura 5-16: BOLSA INERTE PARA RECOGIDA DE MUESTRAS Y POSTERIOR ANÁLISIS EN LABORATORIO

Recomendaciones de uso

- ✓ Bolsas de material inerte frente a productos químicos (Tedlar, Teflón)
- ✓ Conexión bolsa - bomba con tubo de teflón
- ✓ Utilizar septun de teflón para sellar orificio de bolsa
- ✓ Analizar el contenido de la bolsa tan pronto como sea posible
- ✓ No utilizarlas con compuestos de alta reactividad o inestables

Ventajas e inconvenientes de las bolsas inertes:

• Ventajas

1.– Útil para contaminantes desconocidos, gases inorgánicos, hidrocarburos ligeros, freones, etc.
2.– Escasa manipulación de la muestra, se evita adsorción y desorción.
3.– Elimina en gran parte la reacción entre contaminantes al no proceder a su concentración.
4.– Simplicidad

• Inconvenientes

1.– Al no concentrar los contaminantes puede haber problemas en el límite de detección (poca muestra recogida)
2.– La relación coste-duración de bolsas inertes es desfavorable

3.– Los muestreos personales para determinar los TLV´s presentan inconvenientes derivados del difícil transporte de la bolsa por el trabajador.

4.– Falta de sensibilidad.

5.– Dificultades en el muestreo personal.

6.– Alteraciones e interacciones.

Toma de muestras por concentración del contaminante sobre un soporte.

La fijación y concentración de los contaminantes sobre soportes constituye la técnica mas ampliamente utilizada (muestra de campo), la transformación química o/y física de las muestras de campo en el laboratorio posibilita la aplicación de las técnicas analíticas (análisis).

El tipo de soporte debe ser concordante con el estado físico, naturaleza y comportamiento del contaminante a retener (muestras estables), así mismo será compatible con la técnica analítica posterior.

La calidad de los soportes debe ser extrema , al recoger muestras del orden de microgramos (cantidades pequeñas pueden quedar enmascaradas).

Poseerán una elevada eficacia de retención y en su posterior análisis debe ser fácilmente recuperable.

Hay tres tipos:

Soluciones absorbentes,
Membranas o filtros
Sólidos adsorbentes

En ocasiones pueden ser combinados

Toma de muestras con filtros

El procedimiento más frecuente para la captación y muestreo de contaminantes sólidos y aerosoles en general es el de filtración.

El sistema de captación sobre filtros se basa en hacer pasar un volumen de aire a través de un filtro montado en un portafiltro o cassette. La retención de las partículas del contaminante se produce por fenómenos de tamizado, inercia, gravedad y fuerzas electrostáticas, sobre un soporte material o membrana porosa, denominado filtro. La unidad básica de captación la constituyen:

- Filtro
- Soporte
- Portafiltros o cassette.

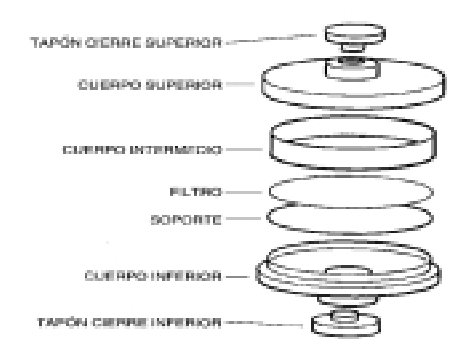


Fig. 5-17

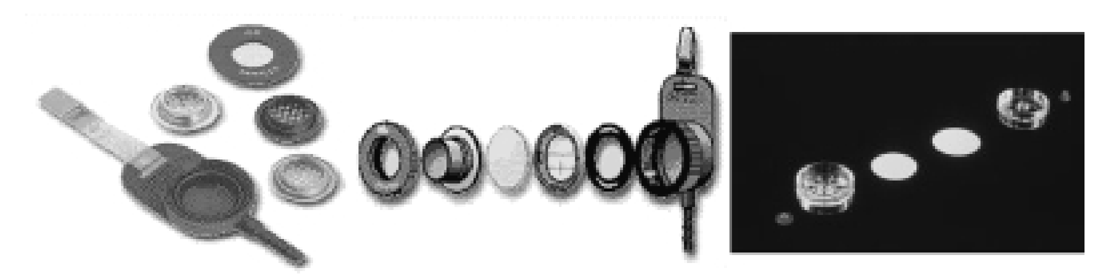


Figura 5-18: PARTES QUE FORMAN UNA UNIDAD BÁSICA DE CAPTACIÓN

Filtro:

El tamaño de filtro normalmente empleado en la captación de muestras personales es de 37 mm. de diámetro. Su naturaleza puede ser muy variada (ésteres de celulosa, PVC, fibra de vidrio, policarbonato, teflón, plata, etc.), y su tamaño de poro oscila entre 0.45 y 5 micras (0.8 es el más utilizado).

Su aplicación fundamental es para polvos, nieblas y humos.

Las ventajas que tiene son que es de fácil manejo, transporte y conservación y además es fiable.

En el mercado existe una amplia y variada gama de filtros que se distinguen por su diámetro, tamaño de poro y material con que se han fabricado. Atendiendo a este último aspecto, cabe señalar, los siguientes tipos de filtros:

– **De esteres de celulosa:** Se utilizan fundamentalmente para la captación de aerosoles metálicos, cuya determinación analítica posterior se lleva a cabo por espectrofotometría de absorción atómica (EAA). Son de fácil ataque por ácido nítrico diluido, lo que favorece la preparación de las muestras que se analizan mediante dicha técnica. Presentan el inconveniente de retener la humedad ambiental, lo que supone un incómodo obstáculo cuando se desea determinar por gravimetría directa, la cantidad de muestra total inespecífica recogida. El problema puede resolverse utilizando filtros apareados en peso.

– **De cloruro de polivinilo (PVC):** Los filtros de membrana fabricados en este material no retienen la humedad ambiental, por lo que resultan de gran utilidad en la determinación gravimétrica de muestra total inespecífica. Su principal inconveniente estriba en su resistencia al ataque de los ácidos, incluso concentrados, no siendo recomendable su uso para la captación de aerosoles metálicos y posterior análisis de EAA.

– **De politetrafluoretileno o teflon (PTFE):** Son muy estables y resistentes a los ácidos y a los disolventes orgánicos. Estas propiedades, junto con su naturaleza hidrofóbica, los hacen muy útiles para el muestreo de diversos contaminantes, tales como los hidrocarburos aromáticos policíclicos. (HAP).

– **De policarbonato:** Los filtros de este material son extremadamente finos (en torno a 10 um de espesor) y de peso muy bajo. No son hidroscópicos y por tanto resultan muy útiles para la captación de materia particulada y posterior determinación de muestra total por gravimetria.

– De fibra de vidrio: Estas membranas están compuestas de microfibras de vidrio borosilicatado, pudiendo llevar o no un ligante a base de resinas acrílicas. Pueden utilizarse como prefiltros o como etapa única de filtración, en la captación de ciertos plaguicidas, como carbaryl, aldrín, lindano, DDT, etc.

– De plata: Filtros fabricados en plata metálica pura, muy adecuados para la captación de negro de humo, hidrocarburos aromáticos policíclicos, etc.



Figura 5-19: FILTRO DE ACETATO DE CELULOSA "MILIPORE" VISTO AL MICROSCOPIO

Filtros

Partes constituyentes de un filtro

Filtro
Soporte
Portafiltros o cassette

Aplicaciones	Ventajas
Polvos	Fácil manejo
Nieblas	Fiable
Humos	Fácil transporte
	Fácil conservación muestras

Soporte:

Generalmente de celulosa, no es un soporte de captación, su utilización es básicamente para sostener, evitar que se arrugue el filtro debido al vacío y adaptar mejor el filtro dentro del cassette.



Figura 5-20: CASSETTE CON SOPORTE Y FILTRO DE TEFLÓN

Portafiltros o cassette:

Generalmente de poliestireno, puede estar constituido de dos o tres cuerpos o secciones, siendo opcional la elección, en general de mayor utilidad es el de tres dado que mejora la distribución del contaminante y evita colmataciones en el centro.



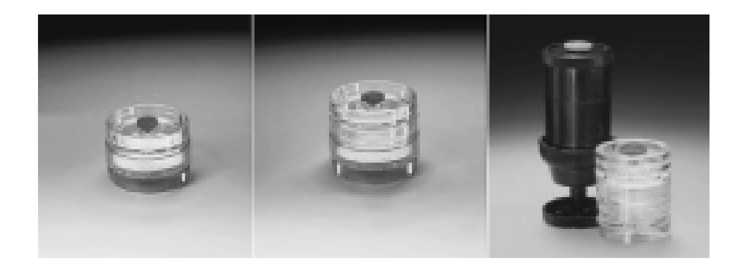


Figura 5-21: DISTINTOS MODELOS DE PORTAFILTROS O CASSETTES

La utilización de cassettes de tres cuerpos resulta imprescindible para las captaciones de aquellos contaminantes cuyo cuerpo superior necesita ser retirado durante el muestreo, es decir cassette abierto, por ej. para fibras de amianto, que se acopla un protector metálico para evitar la pérdida de fibras por carga electrostática, aerosoles ácidos y alcalinos, etc.

En caso de polvos NEUMOCONIÓTICOS, para los que se debe captar la fracción respirable, se utiliza un cassette de dos cuerpos acoplado a un ciclón de nylón de 10 mm. Este hace que se depositen las partículas más grandes en el fondo del ciclón, mientras que las más pequeñas, de diámetro inferior a 5 micras se depositarán en el filtro.

En general el uso de toma de muestras con filtro es aplicable a contaminantes en forma particulada (polvos, nieblas, humos, etc.). Es un sistema de muestreo práctico y cómodo, tanto en la propia toma de muestras como posteriormente en el transporte y conservación de las muestras.

Accesorios o selectores de partículas

Ciclón: Selector de partículas para el muestreo de fracción respirable. Consiste en un dispositivo cilíndrico y alargado que posee una entrada de aire dispuesta tangencialmente en sentido transversal, así se permite la sedimentación de las partículas más gruesas en el fondo y la fijación de las finas en el filtro superior; deben ser independientes de la orientación.

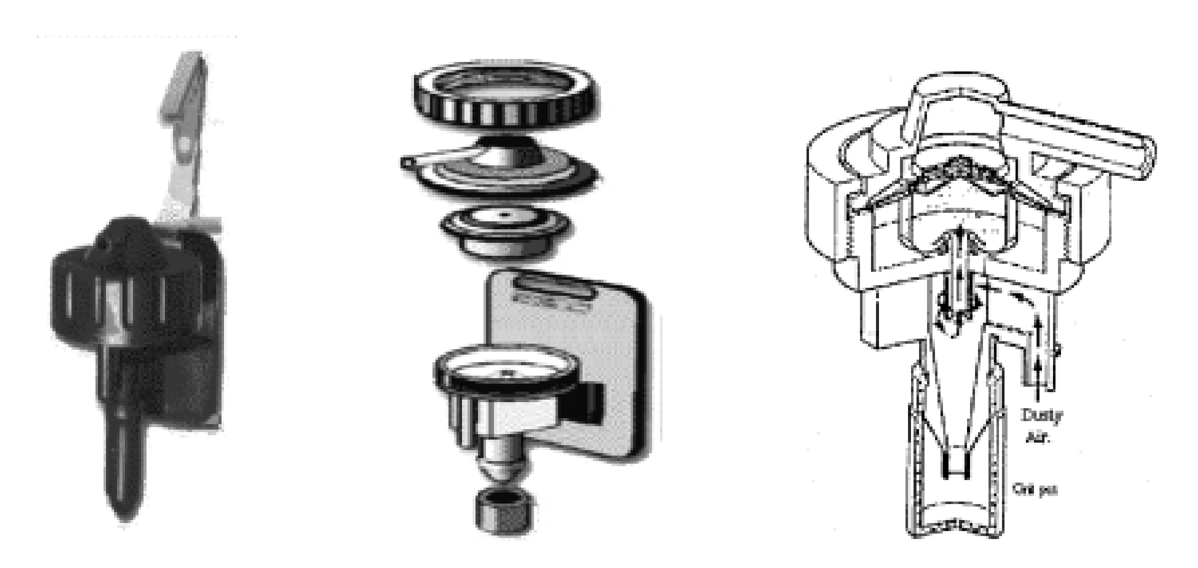


Figura 5-22: CICLÓN: SEGÚN LA CURVA DE JOHANNESBURGO

Impactador en cascada: Dispositivo para seleccionar por tamaño de partícula y aplicar correctamente los valores PSS-TLV´s.

Captador de partículas respirables: De aplicación exclusiva en el interior de minas.

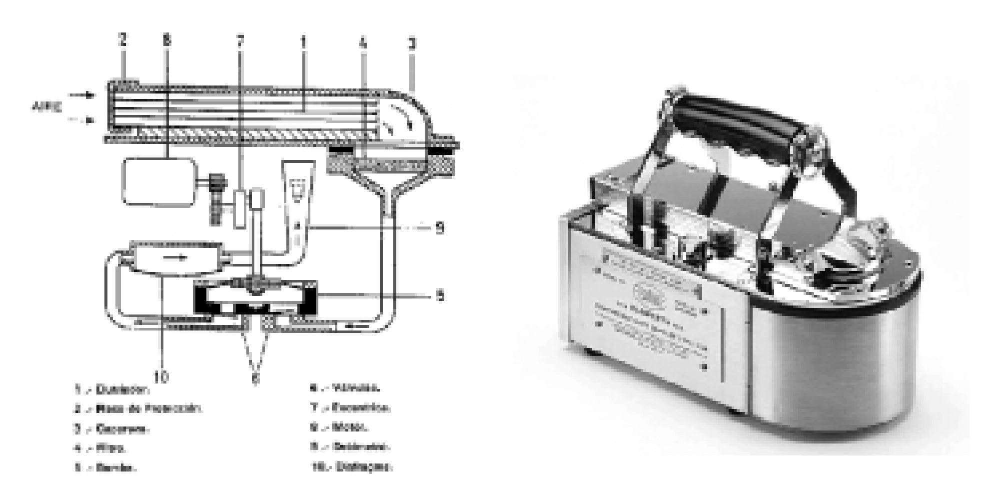
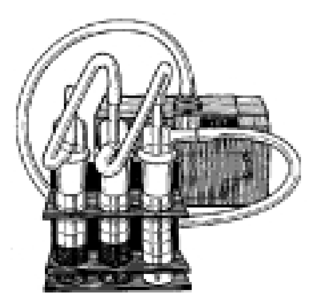


Figura 5-23: ELUTRIADOR HORIZONTAL

Soluciones absorbentes. “Impingers”

Se basan en hacer pasar un volumen de aire a través de una solución absorbente apropiada, contenida en un impinger o borboteador. Fijan los contaminantes mediante procesos de solubilización, neutralización, oxidación, reducción, etc. (reacciones químicas) al pasar el aire contaminado por el líquido que lo absorbe. Su eficacia va desde el 80 al 85 %.

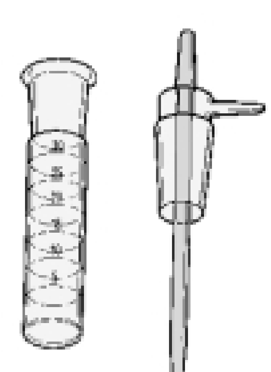
La unidad de captación está constituida por:


Figura 5-24

- Impinger o borboteador
- Solución absorbente
- Trampa para proteger el equipo de posibles arrastres o reabsorciones
- Cada impinger consta de dos piezas: cuerpo o vaso (generalmente de 30 ml.) y el cabezal (con el borboteador simple o fritado)

Existen distintos tipo de borboteadores o impingers para conseguir un área de contacto eficaz entre el aire contaminado y la solución absorbente, modificando el tamaño y nº de las burbujas y la cantidad de solución.

Para captar aerosoles líquidos, el proceso de retención y concentración implica una dilución por lo que basta con borboteadores con vástago de un único orificio.


Figura 5-25

Para captar contaminantes (gas o vapor) al reaccionar éstos con el líquido absorbente se necesita una mayor área de contacto por lo que los borboteadores serán de vidrio fritado en el extremo del vástago.

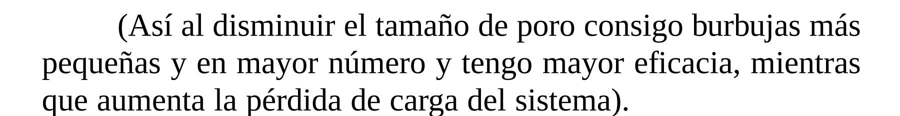

(Así al disminuir el tamaño de poro consigo burbujas más pequeñas y en mayor número y tengo mayor eficacia, mientras que aumenta la pérdida de carga del sistema).



Figura 5-26: DISTINTOS MODELOS DE BORBOTEADORES Y MONTAJES

Normalmente los impingers se utilizan en batería por:

a) Aumentar la eficacia de retención
b) Disponer de testigos de saturación de la solución absorbente
c) Servir de trampa para prevenir averías por inundación en las bombas de aspiración.

Poco utilizado dado que es difícil de manejar, transportar y no contaminar. Sólo se utiliza donde no hay otra alternativa (cloro ó amoniaco).

SISTEMAS DE TOMA DE MUESTRAS
LIQUIDOS ABSORBENTES

PARTES CONSTITUYENTES DE LAS UNIDADES DE CAPTACIÓN

– IMPINGER O BORBOTEADOR
– SOLUCIÓN ABSORBENTE
– TRAMPA

APLICACIONES — AEROSOLES LÍQUIDOS
VAPORES Y GASES.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ABSORCION

- SOLUBILIDAD DEL CONTAMINANTE EN EL LÍQUIDO
- TIEMPO DE CONTACTO
- CANTIDAD DE ABSORBENTE (ALTURA DE COLUMNA)
- PRESIÓN DE VAPOR. Y REACTIVIDAD QUIMICA
- AREA DE CONTACTO Y CAUDAL DE CAPTACIÓN

VENTAJAS	LIMITACIONES
– PREPARACIÓN RAPIDA DE LA MUESTRA	– DIFICULTAD DE MANEJO
– METODOLOGÍA ANALITICA SIMPLE	– FACILIDAD DE CONTAMINACIÓN
	– DIFICULTAD DE TRANSPORTE
	– INESTABILIDAD DE LAS MUESTRAS EN DISOLUCIÓN

Sólidos absorbentes

Fijan los contaminantes, al pasar un volumen de aire determinado a través de un tubo de vidrio relleno de materiales sólidos, a veces impregnados con alguna sustancia química que mejora la adsorción de los contaminantes (gases, vapores) con una alta actividad superficial. Normalmente contenidos en tubos de vidrio en dos secciones, separadas entre sí, la segunda de las cuales sirve de testigo (ver saturación de la primera) y la primera como verdadero soporte de la muestra. Normalmente los tubos estándar de NIOSH son de 7 cm. De longitud, 4 mm. y 6 mm. de diámetros interior y exterior, estando ambos extremos sellados hasta el momento de muestreo. Los más utilizados son los de (100 mg/ 50 mg).

Las sustancias adsorbentes más utilizadas son: carbón activo, gel de sílice, hopcalita, alúmina y polímeros porosos XAD, poropak, chromosorb y tenax, que pueden estar impregnadas de sustancias químicas para mejorar su capacidad de captación.

Es el mejor método para compuestos potencialmente peligrosos presentes como gas o vapor.

La capacidad de retención de los tubos adsorbentes es limitada para cada tipo el método analítico nos indica su máxima capacidad de retención o volumen de ruptura, límite que señala el inicio de paso de contaminantes de la parte frontal a la posterior.

Su capacidad de retención esta condicionada por el desplazamiento de otros de no interés.

Aunque el método analítico recomienda un volumen de muestreo el higienista debe **coordinar varios factores:**



Figura 5-27: DISTINTAS PARTES DE UN SOPORTE CON TUBO DE CARBÓN ACTIVO



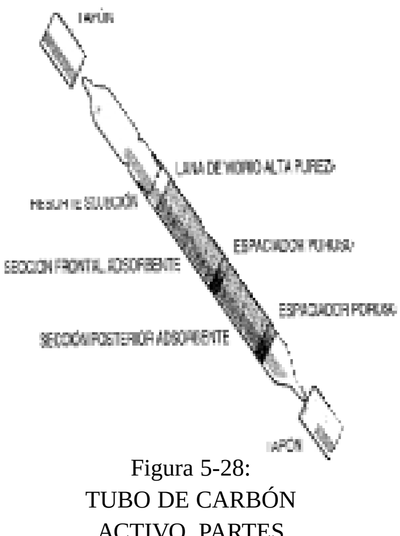


Figura 5-28: TUBO DE CARBÓN ACTIVO. PARTES QUE LO COMPONEN

Por parte del medio a muestrear:

a) Composición cualitativa,
b) Concentración esperada,
c) Presencia de otros contaminantes,
d) Duración del ciclo de fabricación.

Por parte del método analítico:

a) Margen de trabajo,
b) Sensibilidad de la técnica,
c) Limitación del soporte de captación,
d) Márgenes operativos del equipo de muestreo.

Así la cantidad muestreada debe situarse por encima del límite de detección de la técnica analítica y dentro del rango del método de evaluación

El control de las interferencias se realiza por medio de la toma de **blancos:** muestra donde únicamente no se pasa aire a su través. De ella se contrasta las manipulaciones, calidad del soporte, material utilizado y tipo de contaminante captado.

Sus ventajas se basan en el alto grado de selectividad, estabilidad de las muestras, sencillez y bajo coste, por el contrario se pueden saturar.



Figura 5-29

SISTEMAS DE TOMA DE MUESTRAS
TUBOS ADSORBENTES

APLICACIONES   VAPORES Y GASES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADSORCIÓN

– SELECTIVIDAD
– CAPACIDAD CUANTITATIVA DE ADSORCIÓN
– INFLUENCIA DE LA HUMEDAD
– EFICIENCIA DE LA DESORCIÓN
– POLARIDAD

VENTAJAS

– APLICACION A GRAN NUMERO DE CONTAMINANTES.
– ALTO GRADO DE SELECTIVIDAD CON ADSORBENTE ADECUADO.
– GRAN SENCILLEZ Y BAJO COSTE.
– MÉTODO EFICAZ Y FIABLE.
– BUENA ESTABILIDAD DE LAS MUESTRAS
– FÁCIL MANEJO

LIMITACIONES

– POSIBLE SATURACIÓN DEL TUBO ADSORBENTE.

Equipos muestreadores de aire

Los muestreadores personales o **bombas de aspiración** son los instrumentos encargados de hacer pasar un determinado volumen de aire a través de los soportes de retención.



Figura 5-30: BOMBAS DE ASPIRACIÓN DE ALTO CAUDAL

Deben poseer un sistema de control automático de flujo que permita regular instantáneamente las variaciones del caudal de aire aspirado producidas fundamentalmente por la saturación del soporte (precisión del +/- 5%)

– Reducido tamaño (1 Kg.)
– Deben poseer una autonomía de 8 horas

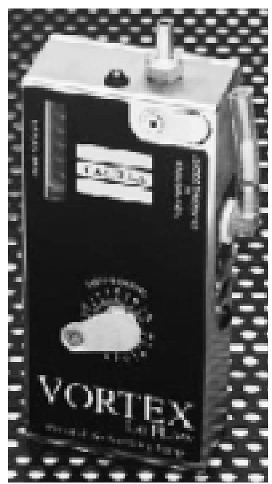


Figura 5-31:
BOMBA DE ASPIRACIÓN DE BAJO CAUDAL

– Un caudal variable entre 1 y 5000 mililitros por minuto (0.02-0.5 l/min.) para **bajo** y (0.5-4.5 l/min.) para **alto.** Su elección vendrá marcada por el tipo de soporte y las necesidades del método analítico.

El fundamento de los muestreadores se basa en la utilización de sistemas de impulsión por desplazamiento volumétrico de aire, mediante sistemas mecánicos como membranas, pistones, etc.

Construidos con seguridad intrínseca.

Su calibración debe ser al empezar y terminar el muestreo y recomendablemente con medidores electrónicos.

Muestreo pasivo

La captación tiene lugar debido a fenómenos de difusión y permeación por los cuales las moléculas de un gas son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas, hasta repartirse uniformemente en su seno. Los soportes que se utilizan en estos sistemas son sólidos adsorbentes o sólidos impregnados con un reactivo específico.

Son dispositivos que consisten en un lecho adsorbente, normalmente carbón activo, separado del ambiente exterior por una barrera en la que se han practicado unos orificios de superficie y longitud conocidos. La cantidad de contaminantes recogido en el lecho está controlada por la longitud y el diámetro de los orificios, así como por el tamaño o peso molecular del contaminante. Debido al gradiente de concentración entre el exterior de la barrera y la superficie del adsorbente, los vapores se difunden a través de los orificios por difusión molecular, adsorbiéndose en el lecho en función de la concentración ambiental y el tiempo de muestreo (Ley de Fick). Cada contaminante tiene un coeficiente de difusión específico.

Se recoge por tanto, el aire por difusión y permeación sin forzar su paso a través del dispositivo captador y se basa en la **ley de Fick** (tendencia de las moléculas gaseosas a repartirse uniformemente en el seno de otro), y en la **ley de Henry** (capacidad de los gases a atravesar una membrana sólida con una permeabilidad específica).

La masa total del contaminante transferida desde el aire al captador pasivo viene dado por:

M= ((DxA)/L)x C x T siendo

M = Masa total transferida(mmoles)

D = Coeficiente de difusión (cm^2/sg)

A = Área superficial muestreador (cm^2)

L = Camino de difusión (cm)

C = Concentración ambiental ($mmoles/cm^3$)

t = Tiempo de muestreo (sg)

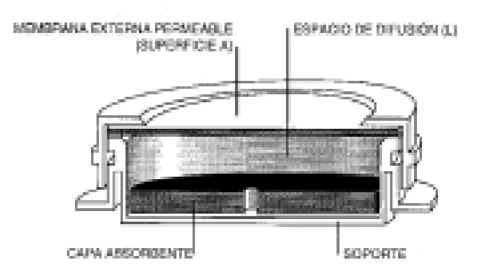


Figura 5-32:
MUESTREADOR PASIVO SECCIONADO

Los parámetros D,A y L se resumen en Q (Caudal equivalente)= (DxA)/L en cm^3/sg
Los valores de Q son específicos de cada fabricante y oscilan entre 1 y 100 cm^3/sg

LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL por tanto

C= (M/Qxt)

M, se determina en laboratorio por técnica analítica
t, se delimita haciendo uso del dispositivo de abrir y cerrar el captador


Figura 5-33

La variedad de modelos de captadores pasivos es grande, y la diferencia fundamental estriba en los materiales empleados como soporte, en cerramientos frontales porosos o mediante membranas y en sus formas (redondos, rectangulares, en forma de tubo, etc.), pero siempre de dimensiones y peso muy reducidos..

Los captadores pasivos pueden clasificarse en específicos e inespecifícos. Los primeros están diseñados para la captación de un compuesto o grupo reducido de compuestos en concreto, utilizando el material adsorbente apropiado, que suele actuar por adsorción química (formaldehído, vapores de mercurio, óxido de etileno, etc.). Los segundos, permiten el muestreo de un conjunto de compuestos muy amplio (vapores orgánicos).


Figura 5-34

Los muestreadores pasivos son inespecíficos en compuestos orgánicos (excepto para formaldehído y óxido de etileno) mientras que para los inorgánicos hay varios específicos.

Su utilidad se pone de manifiesto ante la necesidad de estudios en quirófanos, zonas estériles, muestreos largos o controles específicos periódicos.

SISTEMAS DE TOMA DE MUESTRAS
MUESTREADORES PASIVOS

APLICACIONES

MEZCLAS DE GASES Y VAPORES
CONTAMINANTES ESPECÍFICOS (FORMALDEHIDO, VAPORES. DE MERCURIO, ETC.)

VENTAJAS	LIMITACIONES
FÁCIL USO	INVARIABILIDAD DEL CAUDAL DE MUESTREO
FÁCIL TRANSPORTE	SENSIBILIDAD A FACTORES AMBIENTALES
MÉTODO EFICAZ Y FIABLE	POSIBILIDAD DE SATURACIÓN

Finalmente indicar que cuando se realiza la toma de muestras con captadores pasivos, interesa que la masa de aire alrededor no esté en reposo absoluto, se recomienda una velocidad frontal de aire mayor a 7 cm/s, valor que normalmente se supera en las tomas de muestras personales.

Debido a su funcionamiento espontáneo, los captadores deben de estar perfectamente cerrados antes y después de la toma de muestras para evitar posible contaminación. El almacenamiento es preferible realizarlo en nevera, y evitar durante su manipulación y traslado situaciones de calentamiento anormal.

Muestreo de contaminantes sobre soporte mixto

Las características físico-químicas de algunas sustancias contaminantes obligan a utilizar, en ocasiones, soportes mixtos para su captación. Dichos soportes están formados generalmente por un montaje en serie de dos tubos, de un tubo y un filtro o de un filtro (generalmente de fibra de vidrio o prefiltro) precediendo a un impinger o a un tubo. .A continuación se citan algunos ejemplos representativos propuestos por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).:

- **Acrilamida:** Filtro de fibra de vidrio, seguido de tubo de gel de sílice (150/75mg).
- **Aldrin:** Filtro de fibra de vidrio seguido de impinger conteniendo 15 ml de isooctano.
- **Cloruro de metilo:** Dos tubos de carbón activo, el primero de 400/200 mg y el segundo de 100/50 mg, conectados en serie.
- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos:** Filtro de PTFE de 2mm, en serie con tubo de XAD-2 (100/50 mg).

CLASIFICACIÓN DE LOS ERRORES

En todo dispositivo de medida de un contaminante existe un error.

Para obtener una medida cuantitativa de contaminante a estudiar es necesario valorar el error del resultado de la medición, éste en la práctica no es sencillo pues toda medición del contaminante va acompañada de distintos factores que influyen en la misma por lo que el objeto es el porcentaje de certeza.

El grado de certeza de la medida depende de los factores tenidos en cuenta en la determinación.

La magnitud absoluta del error se determina por factores subjetivos tales como, habilidad, escrupulosidad, prolijidad y grado de preparación del higienista.

Para facilitar el análisis del error del resultado conviene clasificar los errores de la medición de acuerdo con los motivos que lo provocan

A) Errores sistémicos. Los que sin variar prácticamente durante el muestreo y análisis entran de igual modo en cada resultado.

B) Errores causales, accidentales o aleatorios

- **Fuentes del error sistémico (no estadísticos y se revelan y analizan con la observación):**

  Errores instrumentales (defectos o irregularidades del equipo de medición).

  Error por condiciones ambientales (metereológicas).

  Errores subjetivos o personales (particularidades del higienista).

  Errores de calibrado de equipos.

  Errores del método de medición (por su carácter aproximado entre la cantidad presente y retenida).

- **Fuentes de error aleatorio**

  Fluctuaciones de la concentración de un contaminante ambiental.

  Variaciones del equipo tanto de muestreo (fluctuaciones caudal bomba) como de análisis.

CAPÍTULO 6: HIGIENE OPERATIVA

La higiene operativa constituye una verdadera rama de la ingeniería por lo que también recibe el nombre de Ingeniería Higiénica. El objetivo se centra en la eliminación o reducción del grado de contaminación existente en el ambiente de trabajo hasta los valores de referencia suministrados por la higiene teórica, utilizando para ello los conocimientos de la ingeniería. La higiene operativa, para conseguir la eliminación del riesgo higiénico, debe actuar sobre los diferentes factores que intervienen en el proceso:

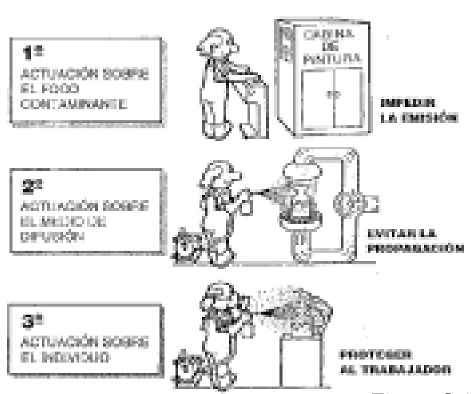


Figura 6-1

1.º Foco emisor del contaminante

Con el objeto de impedir la formación del contaminante o en caso de generarse, impedir su paso hacia la atmósfera del puesto de trabajo, se puede para ello:

Sustituir el agente por otro no peligroso o al menos que no sea tan peligroso; esto es el caso de los cancerígenos o sensibilizantes ya que las otras actuaciones pueden disminuir la concentración del contaminante pero no eliminan su presencia y por tanto sus efectos, difícilmente controlables, permanecen; además cualquier fallo en el control del agente podría implicar la liberación del agente nocivo derivándose graves consecuencias.

En la fase de diseño de la instalación deben tenerse ya en cuenta los problemas en relación a la salud, eligiendo equipos diseñados para evitar la exposición a cualquiera de los agentes que puedan resultar nocivos. Esto es especialmente importante en el caso del ruido y vibraciones ya que el posterior arreglo es en muchas ocasiones imposible económicamente.

Modificar el proceso, por ejemplo automatizando para hacer innecesaria la presencia del trabajador durante su funcionamiento o utilizar productos en otro estado (por ejemplo en vez de un gas utilizar una disolución que lo contenga).

También se puede proceder al **encerramiento** encapsulando el proceso mediante reactores cerrados, encerrando el punto de operación de la máquina que genera el ruido o el foco emisor de radiaciones. El **aislamiento** en edificio aparte puede resultar muy útil ya que disminuye el número de operarios afectados.

La **extracción localizada** es una manera de eliminar el agente químico del ambiente en el momento en que éste se genera.

El **mantenimiento preventivo** de los equipos de trabajo es otra técnica complementaria que puede evitar exposiciones accidentales ante los contaminantes químicos.

2.º Medio de difusión del contaminante

Para evitar que el contaminante ya generado se extienda por la atmósfera y alcance niveles peligrosos para los operarios próximos al puesto de trabajo se puede incidir sobre:

La **limpieza** es un elemento clave, ya que su falta se traduce en focos secundarios de contaminación. Es fundamental limpiar suelos, paredes, maquinaria y todos los lugares donde se pueda depositar la suciedad.

La ventilación por dilución o general es una buena táctica que puede emplearse en ocasiones con contaminantes poco nocivos, siempre que no se intercambie excesiva cantidad de aire que sea necesario calentar (por su costo económico).

El **aumento de distancia** entre el foco contaminante y el receptor y los **sistemas de alarma** son un complemento de las medidas anteriores.

3.º Trabajadores expuestos

Protegiendo al operario para que el contaminante no penetre en su organismo.

Una manera de reducir el riesgo es reducir el tiempo de exposición, rotando al personal.

El **encerramiento** del trabajador es el inverso del encerramiento del proceso. Requiere de un cuidadoso estudio y debe tenerse en cuenta las necesidades de relación del ser humano con el resto de sus compañeros.



Figura 6-2

Los **equipos de protección individual** son el último recurso y deben ser tomados como medida provisional en tanto se arbitran otras soluciones; no obstante son imprescindibles en determinadas circunstancias.

Finalmente, la **información y formación** del trabajador debe constituir el primer eslabón en la acción preventiva que iniciemos.

Como fácilmente deducimos, las medidas más eficaces desde el punto de vista de la higiene, son las que actúan sobre el foco emisor del contaminante, actuando sobre el medio difusor cuando no ha sido posible la eliminación en el foco y por último, sólo sobre los trabajadores expuestos cuando no ha sido posible actuar sobre los anteriores estadios o como medida complementaria de otras adoptadas.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

Aspectos previos a la fase de diseño

La seguridad en la fase de diseño debe comenzar por un estudio de las propiedades físicas y químicas de los productos que se van a utilizar.

- Propiedades físicas y químicas. Datos de todos los productos que intervienen en el diseño. (Ver Fichas de Seguridad).

- Velocidad de reacción.
- Compatibilidad con otros productos. Sirven para ver la tolerancia de corrosión y los peligros de derrame o mezcla accidental.
- Toxicidad. Indica la necesidad de epi.
- Riesgo de explosión. Pueden determinar la necesidad de atmósfera inerte.
- Fiabilidad de los servicios: ayuda a diseñar las necesidades de calefacción o refrigeración en el caso de fallos del suministro eléctrico.
- Instrumentos. Consideraciones en cuanto a un diseño libre de fallos para diversas averías en los servicios.
- Materiales de construcción. Dando tolerancias de protección extraordinarias, para plásticos, cobre u otros materiales especiales.
- Presión de la red de agua: hay que contar con las posibles necesidades de agua durante la extinción de incendios.
- Temperaturas: se deben establecer tolerancias para las condiciones de sobrecalentamiento durante los incendios y para los riesgos de personal.
- Potencial humano: se deben considerar las protecciones con procesos automatizados que exijan un empleo de mano de obra reducido.
- Inversión: gastos de seguridad que deben equilibrar también los efectos de la producción nula durante los accidentes o explosiones.
- Relación con otras unidades: la importancia de la continuidad de producción cuando una unidad produce materias primas para la alimentación

Diseño del proceso

Deben considerarse los riesgos higiénicos durante la fase de proyecto, atendiendo al proceso y los instrumentos o maquinaria, teniendo en cuenta la influencia de un área sobre otra, de su actividad sobre otras y de que tanto los sistemas como sus componentes no rebasen los valores límites umbrales TLV´s.

Hay tres parámetros a considerar en el diseño:

a) Encerramiento del proceso,

b) Automatización,

c) La integración del cálculo del balance de masas con el fin de disminuir la capacidad de formación de subproductos.

Identificación en origen o foco

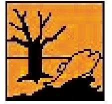
Se trata de tabular todas las sustancias que puedan utilizarse, producirse o aparecer como productos intermedios en proceso de fabricación motivo de estudio y que pueden ser liberarlas a la atmósfera o contaminar la piel.

Esta información puede obtenerse por lo general de las fichas facilitadas por los proveedores en combinación con un estudio de las fases de proceso o zonas de trabajo.

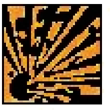
Debemos de concentrar nuestra atención sobre los tipos de operaciones que poseen una probabilidad alta de generar contaminantes en el aire:

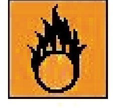












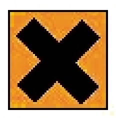


Figura 6-3: PICTOGRAMAS

✓Operaciones en Caliente: Soldadura, fundición, combustión, reacciones químicas.

✓Operaciones líquidas: Pintura, rociado, limpieza, recubrimiento.

✓Operaciones Sólidas: Vertido, Mezclado, Triturado, transporte, embalaje.

✓Pulverización a presión: Desengrasado, limpieza a chorro de arena , pintura

✓Operaciones de conformación: Corte, molido, Serrado, taladrado.

Identificación

Las reclamaciones y síntomas por exposiciones significativas a sustancias tóxicas deben marcar las actuaciones y controles.

Nunca se deben descartar las reclamaciones de los trabajadores tales como irritación de ojos, dolores de cabeza, mareos, desvanecimientos, fatiga, confusión mental, etc., debiendo examinarse la posibilidad de que puedan ser atribuidas a la exposición laboral y no a otros factores.



Figura 6-4: MODELO DE ETIQUETADO

Sustitución de productos

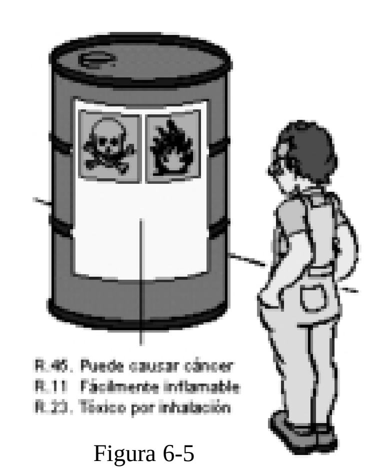


Figura 6-5

Sustitución de un material tóxico por otro menos tóxico (ej. pinturas la plomo por otro compuesto menos tóxico).

Es de lo más eficaz y a veces relativamente económico, en ocasiones no se aplica por desconocimiento real del riesgo o por rutina.

Al sustituir disolventes por otros de menos riesgo debe tenerse en cuenta el índice de peligrosidad y ensayar previamente a pequeña escala antes de modificar todo el proceso.

En operaciones de limpieza sustituir los disolventes orgánicos por soluciones acuosas con detergentes adecuados (ej. el tricloroetileno por el 1,1,1 tricloroetano).

- En lacas, soluciones de caucho sintético y quitapinturas se sustituye el benceno por tolueno. Igualmente se sustituye el benceno en cementos para caucho sintético por hidrocarburos alifáticos.
- En fundiciones que usan compuestos separadores con contenido en sílice libre alto se sustituye esta por otros polvos más inofensivos para evitar la silicosis.
- Las piedras esmeriles de arena han sido reemplazadas por abrasivos artificiales hechos generalmente de óxido de aluminio.

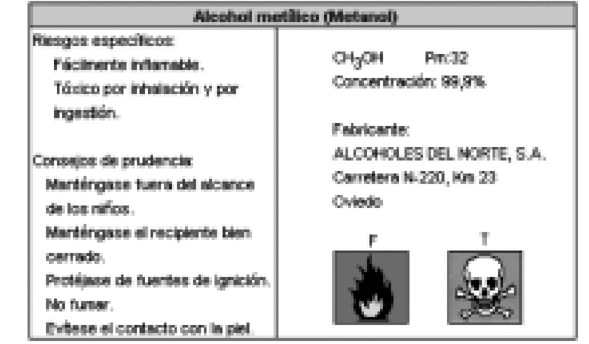


Figura 6-6

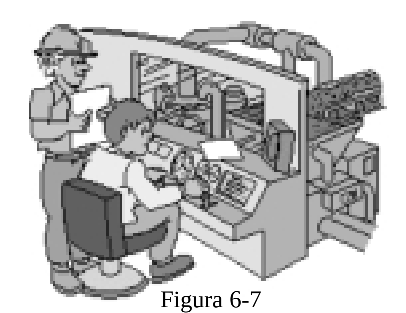
- En la industria del sombrero de fieltro se utiliza el mercurio y se sustituye por otros materiales que no lo contienen.
- El cambio en las condiciones físicas en materias primas (ej. manipular materiales en forma de briquetas produce menos polvo que el mismo material en forma granulométrica irregular.)

MÉTODOS ESPECIALES DE CONTROL

Muchos de los métodos generales mencionados previamente (ya sean solos o combinados) pueden ser aplicados al control de la mayoría de los peligros ocupacionales de la salud. Algunos recursos merecen, sin embrago, una mención particular.

- El blindaje es una de las mejores medidas de control para reducir o evitar la exposición a agentes físicos que causan estrés tales como el calor o las radiaciones ionizantes. El plomo es otro material empleado para aislar salas con fuentes radiactivas.

- Reducción del tiempo de exposición (ej. ambientes con aire a presión, ambientes con Tª extrema, etc.)
- Uso de dosímetros radiológicos y dispositivos de medición similares
- Muestreos continuos con alarmas pre-calibradas


Figura 6-7

- Programas médicos de detección en la absorción de contaminantes químicos.
- Utilización de pantallas para eliminar reducir o absorber contaminantes (ej. paneles de al para hornos de tratamiento térmico.
- Iluminación suficiente y adecuada que evite deslumbramientos.

Controles administrativos

Siempre que no podamos reducir por otros medios y limitar la exposición del trabajador al tóxico podemos reducir la exposición (el tiempo es un parámetro de mucha importancia al evaluar el riesgo es función directa de la dosis), mediante controles administrativos:


Figura 6-8

- Ordenamiento de los esquemas de trabajo y su duración relativa a las exposiciones.
- Los trabajadores que hayan alcanzado su máximo limite de exposición permisible deben ser transferidos a un ambiente donde no sufran exposiciones adicionales.
- Asignar a varias personas en tiempos controlados (rotación del personal) para situaciones donde el valor limite se exceda en un día. El periodo de rotación está en función de la concentración del contaminante

Modificaciones de proceso

Introducir **modificaciones** importantes en un proceso que ya está en funcionamiento suele ser una acción que implica costes elevados y resistencias aún mayores.

Los técnicos que diseñaron el proceso no suelen aceptar con facilidad que, en el proyecto, no se tuvieron en cuenta determinados riesgos que luego en la realidad cotidiana se han hecho evidentes.

El argumento del coste es siempre utilizado como un obstáculo para introducir cambios. Sin embargo la historia de la tecnología está repleta de ejemplos que demuestran que los cambios, al menos a la larga, son posibles. Ahí está, sin ir más lejos, el caso del amianto, que ha pasado de ser el material maravilloso e insustituible de hace cuarenta o cincuenta años, a estar casi prohibido, o al menos muy limitado su empleo, sin que se haya producido ningún cataclismo.

Otro caso similar lo vemos en la progresiva desaparición de chorro de arena, substituido por otras técnicas menos agresivas para los trabajadores. Debe también reconocerse, sin embargo que cambios importantes de proceso pueden ser inviables en muchos casos, lo cual no obsta para que se puedan emprender modificaciones parciales que pueden ser muy efectivas para la protección de los trabajadores.

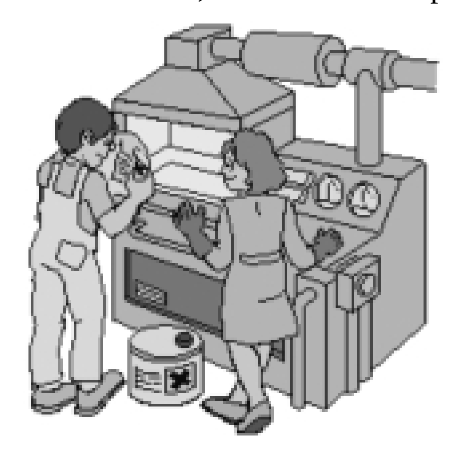


Figura 6-9

Uno de los cambios de proceso que puede ser a menudo factible es la sustitución de un producto químico por otro de menor toxicidad, especialmente en el caso de substancias de carácter auxiliar, como los disolventes.

Esta es también la posibilidad frente a la que suelen plantearse oposiciones notables, alegando que el posible substituto no existe, o si existe es mucho más caro, etc. Se dan, sin embargo, abundantes ejemplos de substituciones que se han efectuado para proteger la salud de los trabajadores, como, la eliminación del benceno de las pinturas y su substitución por otros disolventes menos agresivos, o el empleo de otros disolventes clorados en lugar del tradicional y bastante tóxico tricioroetileno, no son más que dos de los casos más conocidos, aunque ni mucho menos los únicos.

Habría también que recordar que cualquier medida preventiva añadida, cuando la instalación ya está en marcha, será mucho menos efectiva y mucho más cara que si se hubiera contemplado en la fase de proyecto, lo que hubiera permitido integrarla en la construcción sin tener que recurrir después a las clásicas chapuzas.

Por ello, algunas de las grandes empresas incorporan a la fase de proyecto, a los que en el futuro serán los "usuarios" de la instalación, es decir, a quienes trabajarán en ella, a fin de que la experiencia en otras instalaciones similares permita poner de manifiesto y corregir desde el principio los problemas que los técnicos, desde sus despachos, olvidan en ocasiones.

Hay trabajos que nos permiten modificar un proceso sin cambiar el resultado de la operación, logrando variar ampliamente las condiciones de trabajo:

- Ej. La pintura por rociado electrostático automático es mejor higiénicamente que la pintura con pistola de aire comprimido.
- Ej. La pintura a pincel o por inmersión en vez de la realizada a pistola disminuye la concentración ambiental de contaminantes aerotransportados provenientes de pigmentos tóxicos.
- Ej. En la industria del automóvil el polvo de plomo generado al esmerilar costuras con pequeños discos de alta velocidad, se redujo considerablemente al lijarlo manualmente.
- Ej. Cambio por proceso con soldadura al arco en vez del remachado.
- Ej. Desengrasado con vapor en vez de limpieza manual de partes de maquinas.
- Ej. La sustitución de discos giratorios por pulidoras de baja velocidad en los cordones de soldadura reduce el nivel de polvo.

Aislamiento

Un método empleado frecuentemente es el aislamiento de la operación u operaciones potencialmente contaminantes en un recinto específico separado del resto. De esta manera, es posible aplicar en este local específico medidas preventivas particulares, más efectivas y económicas que si estas operaciones se realizaran junto a otras en una nave común. Al mismo tiempo, esto permite minimizar el número de personas expuestas, que se limita a quienes permanecen o trabajan en el local en cuestión.

Un ejemplo típico lo constituyen las cocinas de colores en la industria textil, aunque existen otros menos habituales. Así por ejemplo, la legislación hace referencia a los locales para trabajos con plomo y dice: "cuando técnicamente sea posible, dichos locales se mantendrán aislados, a fin de evitar la contaminación de otras áreas de trabajo"

Algunas operaciones con riesgo higiénico pueden ser aisladas de los operarios cercanos.



Figura 6-10

a) Al operario se le puede aislar mediante una barrera física de forma que no este en las proximidades del foco, salvo en periodos cortos.
b) Se puede aislar igualmente por el empleo del factor tiempo (suministrar un equipo semiautomático para que el trabajador no necesite permanezca constantemente cerca del foco). También pueden realizarse operaciones fuera del horario normal de trabajo.
c) Por ultimo el factor distancia (dispositivos de control remoto)

El aislamiento es útil en trabajos donde se requieren pocos operarios y en los que el control, por otros procedimientos, es dificultoso o inviable.

Las zonas de peligro deben ser aisladas del resto y evitar la propagación, con lo que conseguimos reducir el nº de trabajadores expuestos y simplificamos los procedimientos de control.

El aislamiento total puede ser conseguido mediante mecanización o automatización.

Métodos húmedos

Cuando se trabaja con materiales que pueden desprender polvo, una buena solución, siempre y cuando se pueda aplicar, es el desarrollar las operaciones del trabajo con un alto grado de humedad. Las taladrinas que se emplean en las máquinas herramientas son un buen ejemplo de este principio, aunque como es bien sabido su finalidad principal es refrigerar la herramienta y la pieza que se mecaniza; en este caso la técnica favorece directamente las medidas preventivas.

En la perforación de túneles, por ejemplo, ya es una técnica corriente el empleo de perforadoras que aportan al mismo tiempo un chorro de agua que reduce en gran medida la producción de polvo en un ambiente, el de un túnel, donde es particularmente difícil luchar contra la contaminación ambiental

Las concentraciones de polvo peligrosas pueden ser reducidas por la aplicación de agua u otro líquido sobre la fuente de polvo mediante rociado o a presión.

Su eficacia radica en la correcta realización del método, que en ocasiones puede requerir el agregado de un agente humectante, siendo necesario a su vez proceder a su eliminación antes de secarse.

Se han conseguido logros importantes en la reducción del polvo mediante el empleo de agua forzada a través de brocas en la perforación de rocas, las concentraciones de polvo aerotransportadas se pueden reducir si se mantiene húmeda la arena para los moldes, si se mojan los moldes antes de sacudirlos y si los pisos se mojan intermitentemente.

Mantenimiento

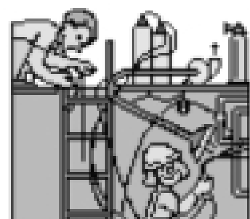


Figura 6-11

Un adecuado mantenimiento es muy importante para conseguir que los niveles de concentración ambiental se mantengan dentro de los límites de lo tolerable.

Si ello es evidente en cuanto a la generación de contaminantes (estaría el ejemplo de una máquina mal mantenida, que es mucho más ruidosa), la cuestión más importante aún cuando se trata del mantenimiento de instalaciones específicamente preventivas, como por ejemplo, las de ventilación.

Entre los servicios de mantenimiento, existe una cierta tendencia a dejar para más adelante el cuidado de las instalaciones no directamente productivas, como los ventiladores, los filtros de sistemas de depuración, etc. Es éste un aspecto al que hay que prestar la máxima atención, dando a este tipo de instalaciones los mismos cuidados periódicos que el resto.

Sistemas de alarmas

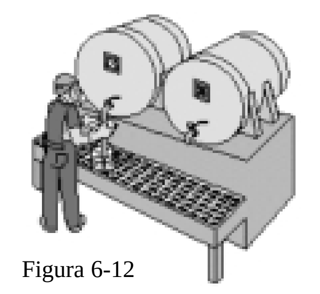
La instalación de medidores directos de contaminantes, así como su conexión a sistemas de alarma, en caso de que se superen determinados niveles en la concentración de contaminantes en el ambiente de trabajo puede ser muy útil en zonas próximas al foco emisor o donde por diferencia de temperatura, se acumula el contaminante químico.

Cuando el contaminante es susceptible de provocar efecto agudos graves, puede ser adecuada la instalación de un sistema automático de detección y alarma, en ocasiones conectado a un sistema de ventilación que se activa automáticamente.

En el mercado están disponibles este tipo de sistemas para un número cada día más creciente de contaminantes. En ciertas ubicaciones específicas, como los aparcamientos públicos, su instalación es obligatoria, pero en general, no son muchas la situaciones en las que se emplea, pues su coste es elevado y su aplicabilidad, limitada.

Orden y limpieza

El orden y la limpieza desempeñan un papel clave en la protección de la salud, evitando la dispersión de los mismos, esta disciplina debe ser inmediata con materiales


Figura 6-12

tóxicos. El polvo acumulado en un puesto de trabajo (cornisas elevadas, pisos, salientes, etc.) puede retornar a la atmósfera por el transito, las vibraciones, las corrientes de aire ocasionales, etc., por lo que debe ser eliminado antes de que ocurra esto.

Igualmente los vertidos en el suelo de disolventes, paños impregnados o materiales absorbentes, maquinaria que pierden producto, etc., acumulan dichos productos que se mezclan con el aire circundante. Se debe establecer un programa regular y efectivo, e inmediato para derrames de tóxicos y colocar recipientes metálicos herméticos para retirar residuos.

La limpieza de equipos e instalaciones debe hacerse por métodos húmedos o de aspiración nunca por soplado con chorro de aire a presión.

La limpieza es una medida preventiva importante cuando se trabaja con contaminantes que se depositan en el suelo, la máquinas o las estructuras y desde allí, pueden pasar de nuevo al ambiente. Ese paso puede ser debido a las corrientes de aire que provocan los sistemas de ventilación o al desplazamiento de objetos o personas.


Figura 6-13

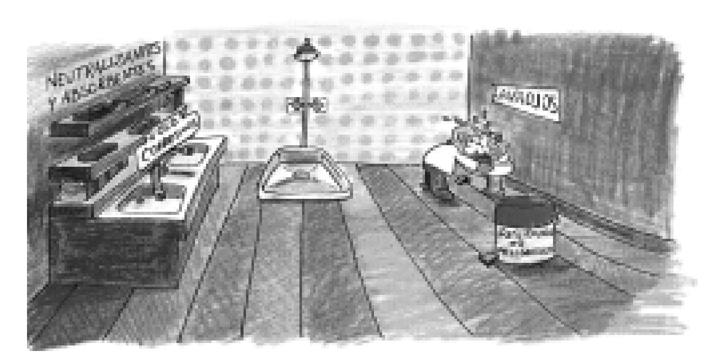
En general es muy importante mantener un perfecto estado de limpieza cuando se trabaja con substancias en polvo de elevada toxicidad, como el plomo o el amianto. Por eso 1a normativa, en el caso del amianto, ordena que en las nuevas instalaciones, las superficies de los locales sean lisas impermeables... etc., evitándose cualquier discontinuidad, debiéndose realizar las limpiezas de los locales de trabajo y de las instalaciones equipos y maquinaria… al menos una vez al año. El suelo de las áreas de trabajo en las que se acumule residuos de amianto se limpiará con una frecuencia diaria, como mínimo, y cada vez que se produzca una acumulación visible de polvo de amianto.

Una limpieza cuidadosa debe extenderse también a la ropa de trabajo, en la que este tipo de contaminantes puede acumularse y, desde allí, pasar al ambiente a causa de los roces que provoca el movimiento del propio trabajador.

Higiene personal

Todo trabajador debe disponer de los servicios adecuados para el aseo personal al finalizar la jornada de trabajo.

Así mismo en los puestos donde se manipulen sustancias peligrosas el operario dispondrá de los medios necesarios para eliminar cualquier salpicadura o resto y nunca utilizar productos de proceso como taladrinas o disolventes para la higiene personal.


Figura 6-14

Debe estar prohibido comer y beber donde se manipulan sustancias tóxicas que puedan contaminar los alimentos.

Formación e información

Estas son dos de las herramientas más poderosas par lograr una mejora de las condiciones de trabajo. Esta afirmación que es válida con carácter general, lo es especialmente en el caso de la contaminación química.

Figura 6-15

En efecto, el riesgo químico es en muchos casos indetectable mediante los órganos de los sentidos: no se oye, no se ve y, en muchos casos, no se huele. Solo el trabajador informado puede por lo tanto reivindicar medidas preventivas.

Es por ello **muy importante** que el trabajador exija información sobre la peligrosidad de las substancias que emplea o manipula. Esta información ha de completarse, al menos, en dos medidas específicas. En primer lugar, los productos químicos han de venir etiquetados según la normativa vigente, es decir indicando claramente los riesgos y las medidas preventivas tomar.

En segundo lugar, han de entregarse a los trabajadores la hojas de seguridad de cada producto, hojas en las que se amplían la información que, forzosamente, solo puede resumirse en la etiqueta.

La **formación** es un complemento necesario de la información. No es suficiente conocer cuáles son los riesgos, ha que saber como actuar frente a ellos.

Es imprescindible que lo operarios conozcan los distintos riesgos que entraña un proceso, así como su utilización y mantenimiento de los elementos de control que les son puestos a su disposición.

Es obligación empresarial el informar a los trabajadores de los riesgos derivados de la exposición a contaminantes químicos que le rodean, su entorno, gravedad y medidas técnicas de control.

A este respecto cabe comentar la gran importancia que se le da a este aspecto en la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

• Arts. 18 y 19 de la Ley de Prevencion de Riesgos:

¿Qué se debe Informar? Sobre los riesgos inherentes al puesto de trabajo incluyendo los generales de la empresa. Medidas de prevención y protección sobre todo si son en caso de riesgo grave e inminente, resultados de las mediciones y su vigilancia.

¿A quién se debe informar? A los trabajadores por medio de sus representantes o directamente de los riesgos generales y en particular de los riesgos específicos en cada puesto.

¿Cómo se debe informar? Con independencia de la información verbal, se debe transmitir en forma escrita. Registro Documental de una información clara y concreta.

¿Qué tipo de formación? Teórica y practica, mediante instrucciones generales y específicas a cada puesto, y aleccionando sobre la forma correcta de operar, principalmente a colectivos de alto riesgo.

¿Cuándo formar? En primer lugar en el momento de su contratación, y segundo periódica según las circunstancias: a todo trabajador que cambie de puesto de trabajo o si hay cambios tecnológicos y por lo tanto posibles riesgos nuevos. Información mas completa a los representantes de los trabajadores.

¿Quién y cuándo impartir la formación? Ésta debe ser por medios propios o concertados con conocimientos suficientes. Debe ser consultada con los representantes de los trabajadores, en la jornada laboral y debe quedar registrada documentalmente.

CAPÍTULO 7: LA PROTECCIÓN INDIVIDUAL FRENTE A LOS RIESGOS EN HIGIENE INDUSTRIAL

GENERALIDADES

Se entiende por protección personal o individual la técnica que tiene como objetivo el proteger al trabajador frente a agresiones externas, ya sean de tipo físico, químico o biológico que se pueden presentar en el desempeño de su actividad.

Los contaminantes químicos penetran en el organismo a través de diferentes vías: respiratoria, cutánea y parenteral. La protección individual se basa en impedir que estos contaminantes penetren por dichas vías mediante una serie de elementos de filtraje y/o retención.

Esta técnica constituye el último eslabón de la cadena preventiva entre el hombre y el riesgo, resultando de aplicación como técnica de seguridad complementaria de la colectiva, nunca como técnica sustitutoria de la misma.



Figura 7-1

Cuando el uso de las técnicas colectivas no resulta posible o conveniente, como medida complementaria de ella, se deberá recurrir a la protección individual.

La misión de la protección individual no es la de eliminar el riesgo de accidente, sino de reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones que éste pueda provocar en el trabajador.

La protección personal constituye una de las técnicas de seguridad operativas que presenta una mayor rentabilidad si se tiene en cuenta su generalmente bajo coste al grupo de protección que presenta su correcto uso.

LA LEGISLACIÓN EN ESPAÑA.

Actualmente existe el R. D. **773/1997, de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual** (BOE n.° 140 de 12 de Junio y el posterior n.º 171 de 18 julio de 1997, para corrección de erratas).

Según la normativa vigente, se definen los **Equipos de Protección Individual (EPI)** como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

De la definición anterior se excluye;

a) La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores,

b) Los equipos de los servicios de socorro y salvamento,

c) Los equipos de protección individual de los militares, de los policías y de las personas de los servicios de mantenimiento del orden,

d) Los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera,

e) El material de deporte,

f) El material de auto defensa o disuasión,

g) Los aparatos portátiles para la detección y señalización de los riesgos y de los factores de molestia.

Por otro lado, se recuerda en lo expuesto anteriormente, que los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o limitarse suficientemente a través de otras medidas preventivas.

Esta filosofía de utilización de la protección individual la convierte en una medida preventiva de carácter excepcional, es decir, que debe recurrirse a ella cuando no es posible eliminar el riesgo de otra forma o como complemento de otras actuaciones. Es el caso de trabajos de tipo esporádico o en especiales condiciones (mantenimiento, limpieza) o en operaciones de corta duración. También en aquellas situaciones en las que es aconsejable su uso, junto con otras medidas preventivas.

Esta limitación de uso se justifica sobre todo por el hecho de que la protección individual deja la situación ambiental tal y como estaba sin modificarla y por lo tanto sin mejorarla y si existe un cierto contaminante en el ambiente, este permanece en la misma concentración e intensidad.

Normas legales que regulan su uso y certificación

El carácter de última protección que diferencia a un EPI de otros medios de protección, obliga a las Administraciones de los diferentes países a vigilar su calidad, y a otorgar certificaciones que legitimen su uso.

Desde 1974, la Orden Ministerial de 17 de Marzo ha venido regulando en España la homologación de los medios de protección, y sucesivas Resoluciones de la Dirección General de Trabajo establecieron lo que se denomina Normas Técnicas Reglamentarias (MT) que describen para algunos EPI las pruebas de ensayo que deben superar para ser homologados y, por tanto, serles permitido su uso. Esta legislación, sin embargo, hubo de ser modificada al incorporarse a la UE.

La adaptación de la legislación de los países miembros de la UE en el tema de EPI se basa en las Directivas 89/686/CEE y 89/656/CEE, que tratan respectivamente de la aproximación de las legislaciones de los estados miembros relativas a los equipos de protección individual y de las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de EPI.

La primera de ellas ha sido traspuesta en nuestro país por el R.D. 1407/92 (BOE de 28 de Diciembre de 1992), que regula las condiciones de comercialización y libre circulación intercomunitaria de los equipos de protección individual y deroga las Normas Técnicas Reglamentarias y la Orden Ministerial mencionadas.

Esta nueva legislación establece la obligatoriedad de que un prototipo de cada EPI sea sometido al examen "CE de tipo" por un organismo de control oficialmente reconocido como tal (notificado), que garantice la eficacia del producto según las normas

técnicas vigentes. En el caso de EPI que deban proteger los riesgos graves (protección respiratoria, por ejemplo), se exige el control de calidad de la fabricación por uno de los organismos citados. El cumplimiento de este requisito viene indicado por la marca de conformidad CE, que se otorga solo a los equipos que superen los mencionados controles.



Según el EPI pertenezca a la Categoría I (protección frente a riesgos mínimos), II (protección contra riesgos graves) o III (protección contra riesgos muy graves o mortales), el marcado CE se realizará de acuerdo a la figura siguiente:

CATEGORÍA I: **CE**
CATEGORÍA II: **CE - 96**
CATEGORÍA III: **CE - 96-YYYY**

96: Año de colocación del marcado CE de Tipo en el EPI
YYYY: Número distintivo del Organismo Notificado que interviene en la fase de producción como se indica en el Art. 9 del R.D. 1.407/1992

Figura 7-2: MARCADO CE

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS EPI'S DE USO MÁS HABITUAL

EPI frente a agresivos químicos.

Según se vio en el capítulo de Toxicología Laboral la absorción de un contaminante químico (tóxico), es decir, su incorporación desde el medio externo al organismo y al torrente circulatorio (medio interno) suele hacerse por la **vía respiratoria** y por la **vía cutánea.**

Es por ello, que la protección individual frente a agresivos o contaminantes químicos se enfoque especialmente a los EPI´s que protegen particularmente el aparato respiratorio y la piel.

Absorción de tóxicos por vía inhalatoria.

La vía inhalatoria constituye la ruta de absorción más frecuente y de mayor trascendencia en Toxicología Laboral. Es también la más rápida, al menos para gases, vapores de líquidos volátiles y aerosoles líquidos.



Figura 7-3

De todos es conocido que el aire inspirado contiene ciertas cantidades de polvos atmosféricos e industriales, humo de tabaco, etc. Teniendo en cuenta que un adulto respira entre 10.000 y 20.000 litros diarios de aire, podemos deducir que los gases y partículas que penetren en el organismos con este volumen de aire son potencialmente peligrosos. La vía de entrada de sustancias tóxicas en el mundo laboral es, como acabamos de mencionar, precisamente la respiratoria y son causa de numerosas enfermedades pulmonares, así como del agravamiento de enfermedades de base. Por esta vía

respiratoria, el hombre se encuentra expuesto a virus, bacterias, humos, polvos vapores, aerosoles contaminantes… Todas estas exposiciones pueden ser toleradas por el receptor normal, pero cuando resultan excesivas, como sucede en algunas situaciones laborales, o bien si las defensas del receptor están disminuidas por otros factores previos, las partículas inhaladas pueden provocar graves molestias, incapacidad e incluso la muerte.

Absorción de tóxicos por vía cutánea.


Figura 7-4

Al contrario de lo que ocurre por las otras vías de absorción, el tóxico que ingresa por esta vía necesita atravesar muchas capas de células para llegar a la zona de la dermis en donde se encuentran los capilares.

Sin embargo, y a pesar de la eficaz barrera multicelular que constituya la piel, la absorción a concentraciones frecuentes en la industria puede ser muy considerable. Para ello, el xenobiótico tiene que ser más o menos soluble en los estratos de distinta naturaleza química que se encuentra a su paso.

EPI para la vía respiratoria

Son aquellos que tratan de impedir que el contaminante penetre en el mismo a través de la vía respiratoria. Técnicamente se pueden clasificar en equipos dependientes e independientes del medio ambiente.

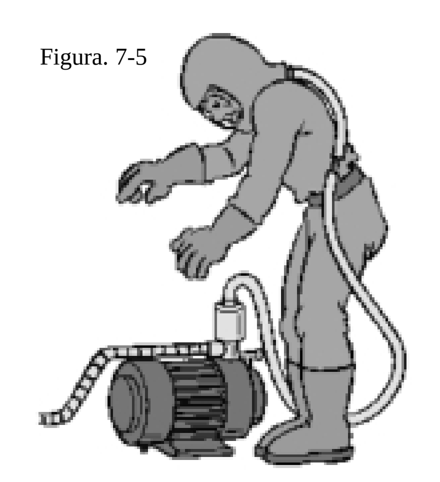
– *Equipos de protección individual dependientes del medio ambiente:* No pueden utilizarse cuando el aire es deficiente en oxígeno, ni en aquellos casos en los que las concentraciones del contaminante sean muy elevadas.

Este tipo de equipos se caracterizan porque el aire que respira el usuario no es el del ambiente de trabajo. Se clasifican en:

– Equipos semiautónomos,
– Equipos autónomos.

a) Los equipos semiautónomos.

Figura. 7-5



Utilizan el aire de otro ambiente diferente del de trabajo, no contaminado y transportado a través de una canalización (manguera) o proveniente de recipientes a presión no portátiles, Disponen de un adaptador facial de tipo máscara. El aire puede ser aspirado a voluntad a través de la manguera de aspiración o suministrado a presión mediante un compresor o desde botellas de aire comprimido. Esto equipos se utilizan para trabajos en ambientes con muy altas concentraciones de contaminantes o pobres en oxígeno, donde no es necesaria una gran autonomía de movimientos. Los trabajos en pozos o en espacios confinados pueden ser ejemplos de situaciones donde se emplean los EPI's semiautónomos.



Figura 7-6

b) Los equipos autónomos.

Son aquellos en los que el sistema suministrador de aire es transportado por el usuario, por lo que tienen gran libertad de movimientos. Su empleo está recomendado cuando el aire no es respirable y se requiere autonomía y libre de movimientos. Constan del adaptador facial correspondiente y recipientes portátiles con aire a presión.

Todos los EPI´s de protección respiratoria tienen una característica común al producir incomodidad en el usuario e incrementar la fatiga de trabajo. Es por ello por lo que su utilización debe limitarse en el tiempo. En otros casos, solo podrán ser empleados por trabajadores debidamente formados y con experiencia suficiente.



Figura 7-7: REQUISITOS SOBRE EL EMPLEO DE PROTECCIONES RESPIRATORIAS DEPENDIENTES DEL MEDIO AMBIENTE

– *Equipos independientes del medio ambiente:* Utilizan el aire ambiente y lo purifican, es decir, retienen o transforman los contaminantes para que el aire sea respirable.

Un equipo de estas características tiene dos partes claramente diferenciables:

* El adaptador facial

* El filtro

a) El adaptador facial.

Tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de forma que el único acceso del aire sea a través del filtro.

Existen tres tipos de adaptadores faciales:
– Máscara,
– Mascarilla,
– Boquilla.

La *máscara* cubre la boca, la nariz y los ojos. Debe utilizarse cuando el contaminante tiene poder irritante, a fin de evitar su efecto sobre la mucosa ocular o en cualquier caso cuando pueda penetrar a través de ella.



Figura 7-8

La *mascarilla* cubre la nariz y la boca solamente.

La *boquilla* ofrece una conexión entre la boca y el filtro y dispone de un sistema que impide la entrada de aire no filtrado por la nariz (pinza). Por la incomodidad que supone, su utilización se limita a las situaciones de emergencia.

Los adaptadores faciales deben tener una serie de propiedades que se les exige a la hora de certificar u homologar su calidad; las principales son las siguientes:

– Máxima hermeticidad.
– Resistencia mínima al paso del aire.
– Materiales de fabricación adecuados.
– Visibilidad máxima en máscaras.
– Máximo confort de utilización.

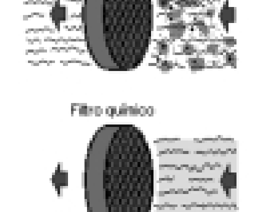
Siendo de ellas la más importante la **hermeticidad.**

b) Los filtros.

Tienen la misión de purificar el aire y eliminar o minimizar su contaminación.

Se pueden clasificar en tres tipos:

– Filtros mecánicos,
– Filtros químicos,
– Filtros mixtos.



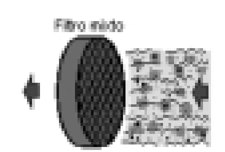


Figura. 7-9

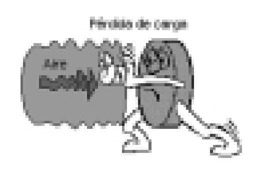
Los ***filtros mecánicos*** retienen el contaminante poniéndole trabas físicas para que no pase. Se emplean para polvo, humos o aerosoles.

Los ***filtros químicos*** realizan su misión filtrante disponiendo en su interior de alguna substancia química cuya misión es retener el contaminante absorbiéndolo o reaccionado con él. Los filtros químicos son específicos para una sustancia o grupo de sustancias de parecidas características químicas.

Los ***filtros mixtos*** realizan consecutivamente la acción de los filtros mecánicos y de los químicos.

Los filtros se clasifican en dos categorías según dos propiedades fundamentales:

a) la resistencia al paso del aire,
b) su permeabilidad al contaminante.



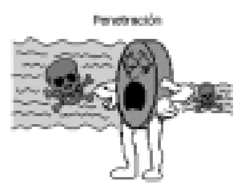


Figura 7-10

La resistencia al paso del aire se mide a través de la pérdida de carga y cuanto más pequeña es, más cómoda resulta la utilización del filtro.

La segunda propiedad se denomina también "penetración", que es la concentración del contaminante que atraviesa el filtro. Naturalmente la clasificación de los filtros otorga la mejor categoría o clase a aquellos cuya pérdida de carga y penetración es menor.

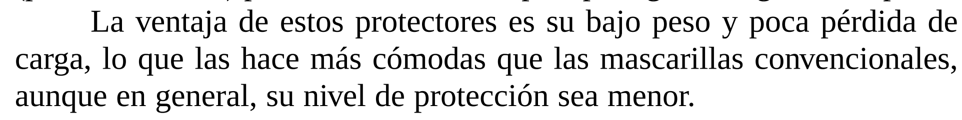
Otra característica de los filtros es su **vida media,** que es el tiempo que tarda un filtro en alcanzar la máxima penetración admisible para una concentración conocida.

c) Mascarilla autofiltrante.



Figura 7-11

Reúne, en un solo cuerpo inseparable, el adaptador facial y el filtro. Estas mascarillas solo son adecuadas para actuar como filtro mecánico (polvo, aerosoles) pero no son indicadas para protegerse de gases o vapores.



La ventaja de estos protectores es su bajo peso y poca pérdida de carga, lo que las hace más cómodas que las mascarillas convencionales, aunque en general, su nivel de protección sea menor.

d) El casco con aporte de aire filtrado.

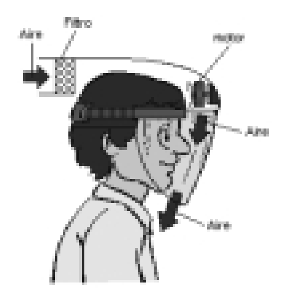


Figura 7-12

Otra modalidad de EPI peculiar en su concepción, pero que está siendo muy utilizado en algunos trabajos (agricultura) es el casco con aporte de aire filtrado, cuya principal ventaja reside en que el usuario no ha de vencer pérdida de carga alguna. Consiste en un casco con pantalla facial transparente por cuyo interior desciende una cortina de aire filtrado a través de un mecanismo que el usuario transporta en su cintura o en el propio casco.

EPI vía dérmica.

Las manos y los brazos son las partes del cuerpo que suelen entrar en contacto con las sustancias químicas con mayor frecuencia, pero no hay que olvidarse de la posible impregnación de la ropa, que de no sustituirse con rapidez puede constituir un riesgo, ya no a largo plazo sino también a corto. El uso de mandiles o ropa impermeable puede prevenir el riesgo.

Frente a la posibilidad de contacto dérmico, la utilización de los EPI's es en muchas ocasiones el sistema de prevención más utilizado. A diferencia de los protectores de las vías respiratorias, su uso no supone una gran incomodidad o fatiga. Esto y el hecho de que a menudo sea la única solución razonable para prevenir un riesgo, origina una mayor tendencia a su utilización sin límite de tiempo.

Los **guantes** son las prendas idóneas para proteger manos. Los guantes de protección frente a agresivos químicos se fabrican de diferentes materiales (neopreno, PVC, PVA nitrilo, butilo, etc…). El material del que se componen los guantes es resistente frente a ciertos compuestos, pero no frente a otros. A la hora de elegir un guante es preciso conocer las sustancias frente a las que debe proteger.

	Composición de los guantes					
Compuesto químico	Caucho natural o latex	Neopreno	Buta-N (nitrilo)	Butilo	P.V.C.	P.V.A
Aceites minerales	M		E	M	I	E
Acetona	E		I	B	I	R
Acido acético	E	E	B	B	B	M
Acido crómico	M	R	R	B	B	M
Acido clorhídrico	B	E	B	B	B	M
Acido nítrico	R	E	R	B	B	M
Acido sulfúrico	B	E	E	B	B	M
Acido fórmico	E	E	R	B	E	I
Alcohol butílico	E	E	B	B	B	R
Alcohol etílico	E	E	B	B	B	R
Alcohol metílico	E	E	B	B	B	R
Acrilo nitrilo	B	B	R	B	I	E
Anilina	R	R	B	B	B	R
Cloruro de metileno	R	B	B	NC	M	E
Dimetilformamida	B	I	M	B	I	B
Formaldehído	E	E	B	B	B	I
Freones	M	B	I	NC	R	E
Teracloruro de carbono	M	R	B	M	R	E
Tolueno	M	M	E	M	B	E
Tricloroetileno	M	B	B	NC	M	E

Resistencia Química: E=Excelente, B=Buena, M=Mala, R=Regular, I=Inferior, NC=No comprobado

Tabla 7-1: RESISTENCIA QUÍMICA DE LOS GUANTES

La certificación de un guante de protección exige unos mínimos de resistencia a la tracción y a la perforación que garantice la integridad del mismo en situaciones normales de trabajo y los clasifica en según los productos frente a los que protege.



Figura 7-13

Otra característica a tener en cuenta en la elección de los guante son por ejemplo, la longitud del manguito (zona que forma el guante desde el borde superior hasta la muñeca), así como el forro o revestimiento. Debe buscarse la comodidad a igualdad de características protectoras.

La merma en el sentido del tacto que ocasiona el uso de guantes es un impedimento para la realización de algunos trabajos. En estos casos, si el riesgo lo justifica, es necesario optar por la utilización de guantes de menor espesor aunque no sean los más adecuados para el contaminante presente, con la precaución de aumentar la frecuencia del cambio de los mismos.

En cualquier caso, el uso de guantes o de cualquier otro EPI debe ir precedido de una revisión visual para detectar cualquier defecto en su integridad y proceder en su caso al cambio.

Todos los EPI's deben ser de **uso Personal,** pero en aquellos casos que razonablemente se vea justificado, se puede compartir su uso siempre que se establezca la norma de proceder a su limpieza y desinfección una vez empleados.

UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para su utilización correcta deberán seguirse las normas fijadas por la empresa, la cuál deberá informar al trabajador sobre los riesgos a cubrir y la necesidad de su uso,

debiendo hacer ver al usuario la necesidad de su empleo correcto para proteger su salud antes de recurrir a la autoridad de la empresa.

Por otra parte, todo EPI requiere de un mantenimiento adecuado de cara a garantizar su correcto funcionamiento. Esto deberá tenerse en cuenta, manteniéndolos siempre revisados, limpios, reparados o renovados cuando sea necesario, debiendo seguirse para ello las normas que sobre el particular deberán suministrar los fabricantes.

En el mencionado **R.D. 773/1997** se incluyen varios anexos en los que señalan.

– Esquema indicativo para el inventario de riesgos con el fin de utilizar los EPI.
– Lista indicativa de EPI.
– Lista de actividades o sectores de actividades que puedan requerir la utilización de EPI.

OBLIGACIONES DE LOS EMPRESARIOS, FABRICANTES Y USUARIOS.

Vienen claramente delimitadas en el ya citado R.D. 773/1997.



CAPÍTULO 8: VENTILACIÓN

GENERALIDADES

La industria moderna con su complejidad de operaciones y procesos, utiliza un número creciente de sustancias y preparados químicos muchos de los cuales poseen una elevada toxicidad. El empleo de dichos materiales puede dar lugar a que en el lugar de trabajo estén presentes en concentraciones superiores a las admisibles partículas, gases y vapores o nieblas. También el estrés térmico puede originar ambientes de trabajo inseguros e incómodos. La ventilación eficaz y bien diseñada es un método muy apropiado pues consiste en la eliminación del aire contaminado de un puesto de trabajo mediante la sustitución por aire fresco.

En las plantas industriales se emplean dos tipos de ventilación: **Los sistemas de impulsión** se utilizan para impulsar aire, habitualmente templado, a un lugar de trabajo. **Los sistemas de extracción** se emplean para eliminar los contaminantes generados por alguna operación, con la finalidad de mantener un ambiente de trabajo saludable.

Los sistemas de ventilación por impulsión se emplean con dos finalidades:

1) Crear un ambiente confortable en la nave industrial (generalmente calefacción o refrigeración) y
2) para sustituir el aire extraído de la nave por los sistemas de extracción.

Se distinguen dos tipos de ventilación de extracción: por dilución o general y localizada.

Con la primera se pretende la reducción de la concentración del contaminante en el lugar de trabajo, mientras que el objetivo de la segunda es el de captar el contaminante mediante una corriente de aire que es transportada hacia una campana o cubierta que permite su expulsión a la atmósfera, previamente filtrado, sin llegar a contaminar el lugar de trabajo.

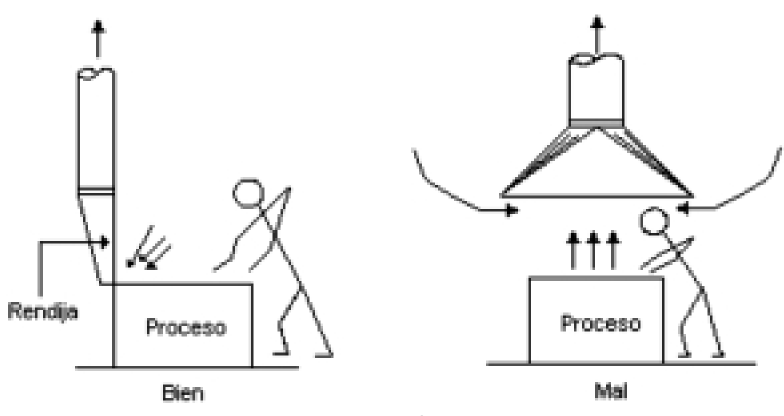


Figura 8-1

Los sistemas de ventilación por dilución acostumbran a utilizarse para el control de la contaminación sólo cuando no es posible el empleo de la extracción localizada, pues las grandes cantidades de aire templado que son necesarias para sustituir el aire que se extrae pueden dar lugar a elevados costes de funcionamiento.

Los sistemas de extracción localizada se componen de hasta cuatro elementos básicos: los elementos de captación o campanas, el sistema de conductos (incluyendo la chimenea y conductos de recirculación), el depurador y el ventilador.

Definiciones básicas

La densidad (d) del aire que se define como su masa por unidad de volumen y se expresa habitualmente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). A la presión de 1 atm. y 20ºC de temperatura, su valor es de 1,2 kg/m^3. La densidad es inversamente proporcional a la temperatura, a presión constante.

El flujo volumétrico (Q), habitualmente denominado "caudal" se define como el volumen o cantidad de aire que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo. Está relacionado con la velocidad media (V) y el área (A) de la sección atravesada por la expresión $Q = A\ V$

El aire como cualquier fluido circula siempre de las regiones de mayor presión a las de menor, en ausencia de aporte de energía (un ventilador). Una masa de aire en movimiento tiene asociadas tres presiones distintas, matemáticamente relacionadas:

Presión estática (PE) se define como la presión que tiende a hinchar o colapsar el conducto y se expresa en milímetros de columna de agua (mmcda), se mide normalmente con un manómetro de columna de agua y de ahí las unidades empleadas. La presión estática puede ser positiva o negativa con respecto a la presión atmosférica del local, pero debe medirse perpendicularmente al flujo de aire, empleando un tubo de Pitot o a través de un orificio perforado en la pared del tubo.

Presión dinámica (PD) se define como la presión requerida para acelerar el aire desde velocidad cero hasta una cierta velocidad (V) y es proporcional a la energía cinética de la corriente de aire. Algunos cálculos sencillos para aire en condiciones estándar dan un valor para la presión dinámica expresado por la ecuación:

$PD = (V/4{,}04)^2$, PD en mmcda y V en m/s

La presión dinámica se ejerce siempre en la dirección del flujo y es siempre positiva.

La **Presión total** (PT) se define como la suma algebraica de las presiones estáticas y dinámica:

$PT = PE + PD$

La presión total es una medida del contenido energético del aire, por lo que siempre va descendiendo a medida que se produce el avance del aire por el interior del conducto; únicamente aumenta al pasar por el ventilador

Principios del flujo del aire

El flujo del aire en los sistemas de ventilación industrial está gobernado por dos principios básicos de la mecánica de fluidos: la conservación de la masa y la conservación de la energía. Se trabaja entonces con las siguientes hipótesis:

– Se desprecian los efectos del intercambio térmico
– Se considera que el aire es incompresible (densidad constante)
– Se supone que el aire es seco; la presencia de vapor de agua disminuye la densidad del aire por lo que deben efectuarse en este caso correcciones.

– Se ignoran el peso y volumen de contaminantes en el aire, para las concentraciones habituales

La conservación de la masa exige entonces que el caudal que entra en una campana debe ser el mismo que el que atraviesa el conducto que sale de ella. En la unión de dos conductos, el caudal de salida debe ser igual a la suma de los caudales de cada uno de ellos, etc.

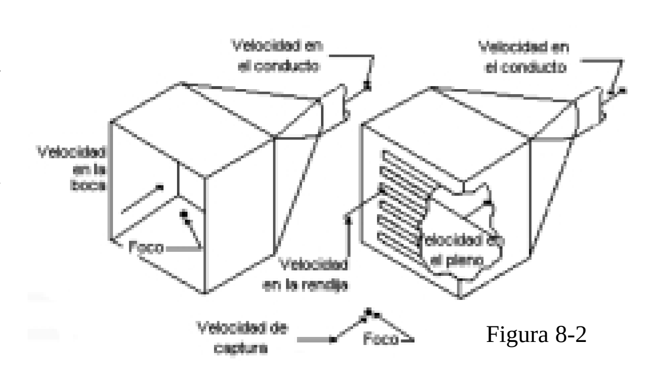


Figura 8-2

La conservación de energía exige tener en cuenta todos los cambios de energía que se producen a medida que el aire fluye de un punto a otro; en términos de las presiones previamente definidas, este principio puede expresarse de la forma:

$$PE_1 + PD_1 = PE_2 + PD_2 + h_p$$

Donde el subíndice "1" indica un punto aguas arriba (antes del ventilador), el "2" un punto aguas abajo (recibe el aire impulsado por el ventilador) y hp valora la pérdida de energía sufrida por el aire mientras fluye de un punto a otro. Obsérvese que según este principio la presión total debe disminuir en la dirección en la que discurre el flujo.

Pérdidas de carga en conductos

Existen dos componentes de la pérdida global de presión total en un tramo de conducto: 1) pérdida de carga en los tramos rectos y 2) pérdida de carga en los puntos singulares (codos, uniones, etc.)

La pérdida de carga en los tramos rectos es una función compleja de la velocidad del aire, diámetro del conducto, densidad y viscosidad del aire y de la rugosidad superficial del conducto.

El cálculo de ambas pérdidas se realiza mediante el empleo de ecuaciones matemáticas que facilitan la suficiente aproximación.

Características de la extracción e impulsión

Cuando el aire es impulsado a través de una pequeña abertura mantiene su efecto direccional durante una distancia considerable más allá de la abertura (por ejemplo 10% de la velocidad en la boca a 30 diámetros de distancia a la boca de impulsión).

Sin embargo, si el flujo del aire a través de la misma abertura fuese de manera que actuara como una extracción con el mismo caudal, el flujo se volvería casi no direccional y su radio de influencia se vería fuertemente reducido (por ejemplo 10 % de la velocidad en la boca a un diámetro de la boca de aspiración).

Por esa razón la extracción localizada no debe emplearse cuando un proceso no pueda desarrollarse en la proximidad inmediata de la campana de extracción. Asimismo, debido a este efecto, debe hacerse todo lo posible por encerrar la operación tanto como se pueda.

SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Ventilación por dilución

La ventilación por dilución consiste en la dilución del aire contaminado con aire sin contaminar, con el objeto de controlar riesgos para la salud, riesgos de incendio y explosión, olores y contaminantes molestos.

El empleo de esta forma de ventilación, de cara a la protección de la salud, está sometida a varias limitaciones:

- La cantidad de contaminante generada, no debe ser demasiado elevada, pues se necesita un caudal excesivo.
- Los trabajadores deben estar suficientemente alejados del foco de contaminación o la dispersión del contaminante debe producirse en concentraciones lo bastante bajas, para que la exposición de los operarios, no supere los valores admisibles.
- La toxicidad del contaminante debe ser baja.
- La dispersión del contaminante debe ser razonablemente uniforme.

La aplicación más frecuente de este tipo de ventilación, es el control de vapores orgánicos cuyo valor admisible sea igual o superior a 100 ppm. También se utiliza en la ventilación de locales pequeños, donde no existen puestos de trabajos fijos.

Los principios básicos de utilización deben de seguir el orden siguiente:

1. Elegir a partir de los datos disponibles, la cantidad de aire suficiente para conseguir una dilución satisfactoria del contaminante; en los manuales especializados existen tablas al efecto.
2. Situar si es posible los puntos de extracción cerca de los focos del contaminante, a fin de beneficiarse de la "ventilación puntual".
3. Situar los puntos de introducción y extracción del aire de tal forma que el aire pase a través de la zona contaminada. El trabajador debe estar situado entre la entrada de aire y el foco contaminante.
4. Sustituir el aire extraído mediante un sistema de reposición del mismo. El aire aportado debe ser calentado durante las épocas frías. Los sistemas de ventilación por dilución manejan habitualmente grandes cantidades de aire mediante ventiladores de baja presión; para que funcionen satisfactoriamente es imprescindible reponer el aire extraído.
5. Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el local, descargándolo a una altura suficiente por encima de la cubierta y asegurándose que ninguna ventana u otra abertura se encuentra situada cerca del punto de descarga.

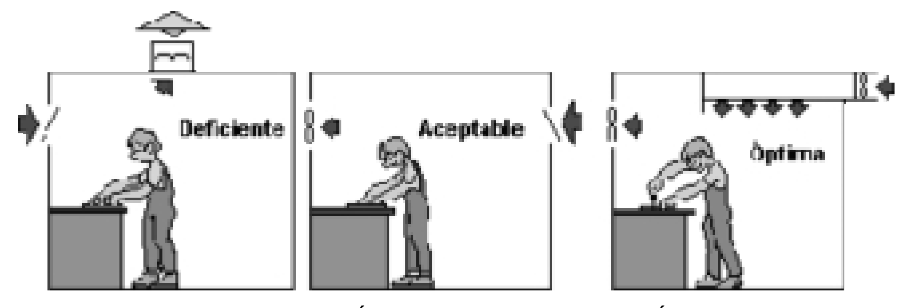


Figura 8-3: VENTILACIÓN GENERAL. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

El empleo de la ventilación por dilución requiere que la cantidad de contaminante generada no debe ser demasiado elevada, los trabajadores deben estar suficientemente alejados del foco contaminante, la toxicidad del contaminante debe ser baja y la dispersión del contaminante debe ser razonablemente uniforme.

La ventilación por dilución encuentra su aplicación más frecuente en el control de vapores orgánicos cuyo TLV sea igual o superior a 100 ppm. Los datos reales sobre la velocidad de generación del vapor orgánico pueden obtenerse en la propia instalación si ésta dispone de registros adecuados sobre el consumo de materiales.

La ventilación por dilución se aplica también en casos especiales por ejemplo:

- Para la prevención de incendios y explosiones (cuando no existen trabajadores y se puede superar ampliamente el TLV pero no el Límite Inferior de Inflamabilidad). Por ejemplo el TLV del xileno es 100 ppm. El LII del xileno es 1%, es decir, 10.000 ppm. Para que una mezcla de aire y xileno sea segura contra incendios y explosiones ha de ser mantenida por debajo del 25% del LII, es decir 2.500 ppm. La exposición a tal concentración puede provocar daños severos e incluso la muerte. Sin embargo, en hornos de cocción, estufas de secado, en secaderos cerrados, en el interior de conductos de ventilación, etc., debe emplearse ventilación por dilución a fin de mantener las concentraciones por debajo del LII.
- Para el control del ambiente térmico. La función primaria del sistema de ventilación es, en este caso, prevenir las molestias importantes o el posible daño de aquellas personas que trabajan en dicho tipo de ambientes. De todos modos la introducción de cualquier sistema de ventilación para estos fines, debe ser precedida de una evaluación fisiológica en términos de estrés térmico potencial para los ocupantes del ambiente caluroso de que se trate. La ventilación por extracción puede utilizarse para eliminar el calor y/o humedad excesivos siempre que se disponga de aire de sustitución más frío.

Para calcular el volumen de aire necesario para la dilución de los contaminantes se utilizan las expresiones:

$$Q = 1000 \frac{P . K}{TLV} \qquad o \qquad Q = 24400 \frac{P . K}{Pm . TLV}$$

Según el TLV venga expresado en mg/m^3 o ppm

Siendo Q = Caudal de aire necesario en m^3/hora (25ºC y 760 mmHg) para diluir el contaminante,

P = Peso del contaminante generado en g/hora,

Pm = Peso molecular del contaminante,

K = Coeficiente de seguridad (Tabla 8-1)

Si sustituyo en la expresión anterior P = V . d, siendo V = Volumen del contaminante evaporado en l/h. y d = Densidad en Kg/dm^3, la expresión resulta de forma simplificada

$$Q = \frac{24 . V . d . 10^6}{Pm . TLV} \times K$$

Peligrosidad del contaminante	**K_1**	**Distancia al foco**	**K_2**
TLV >= 500 ppm	1	Cerca de la Ventilación	1
TLV de 100 a 500 ppm	2	Mediana de la Ventilación	2
TLV <= 100 ppm	3		3
Evolución del contaminante	**K_3**	**Efectividad**	**K_4**
Regular	1	Buena	1
Irregular	2	Mediana	2

Tabla 8-1: COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Cuando existe más de un contaminante se calcula el caudal necesario para diluir cada uno de ellos y se suman si sus efectos son aditivos. Si sus efectos son independientes se adoptará el mayor valor Q obtenido.

Ventilación local.

El sistema de ventilación local o por extracción localizada tiene como objetivo captar el contaminante en la vecindad inmediata del punto donde se ha generado (el foco contaminante), evitando así que se difunda al ambiente del conjunto del local.

El ejemplo más simple, y que todo el mundo conoce, lo constituyen las campanas de cocina. Se sitúan inmediatamente encima del punto donde se producen los humos para captarlos allí, impidiendo así que toda la cocina se llene de humo. Este mismo principio es ampliamente usado en la industria.

La diferencia entre la campana de cocina y las que se emplean en la industria es que estas últimas tienen formas muy diversas, según cuáles sean las características del foco contaminante. Así, existen las conocidas cabinas de pintura, las extracciones que se emplean en las cubas de cromado o de tricloetileno, las que se instalan en las sierras circulares para madera y muchas otras.

En todo sistema de extracción localizada se distinguen los siguientes elementos principales:

a) *Campana:* (una o varias) para la captación del contaminante en el foco.
b) *Conductos:* Para transportar el aire con el contaminante al sitio adecuado, evitando que se disperse en la atmósfera.
c) *Separador:* Para separar el contaminante de aire, recogiéndolo de forma adecuada y liberar aire limpio.

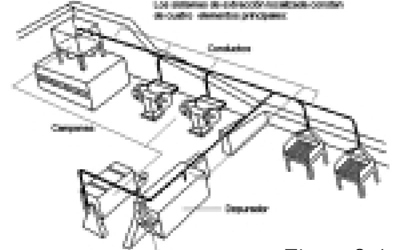


Figura 8-4

d) *Ventiladores:* Para transmitir la energía necesaria al aire y hacerlo circular a través del sistema.
e) *Purificadores* del aire (no siempre).Para purificar el aire recogido antes de su vertido al exterior.

Campanas de extracción localizada

La función esencial de una campana es crear un flujo de aire que capture eficazmente el contaminante y lo transporte hacia la campana, captando el contaminante antes que se difunda al ambiente general del local de trabajo.

Los gases, vapores y humos no presentan una inercia significativa, al igual que las partículas pequeñas de polvo; este tipo de materiales se mueve si lo hace el aire que les rodea.

Asimismo es de muy poco valor el criterio de que el contaminante sea "más pesado" o "más ligero" que el aire; en general el contaminante se comporta "como si fuese aire", no moviéndose por su densidad, sino siguiendo las corrientes de aire. El movimiento habitual del aire asegura una dispersión uniforme de los contaminantes, salvo en operaciones con gran desprendimiento de calor o frío, o cuando un contaminante es generado en gran cantidad y se logra controlarlo antes de que se disperse.

Las campanas se clasifican en **cabinas,** que encierran total o parcialmente el proceso o punto de generación del contaminante, como por ejemplo una campana de laboratorio o la clásica cabina de pintura y **campanas exteriores,** que están situadas adyacentes al foco de contaminante pero sin encerrarlo, como por ejemplo las rendijas a lo largo de la boca de una cuba o una abertura rectangular sobre una mesa de soldadura.

Una variante de la campana exterior es el sistema de impulsión-extracción donde se impulsa un chorro de aire a través del foco contaminante, hacia la campana de extracción. El contaminante es controlado, especialmente, por el chorro, mientras la función de la campana es recibir el chorro y aspirarlo, por ejemplo los sistemas empleados en las cubas abiertas para tratamientos electrolíticos. Debe ponerse especial cuidado en su diseño y uso pues es posible que el chorro de impulsión mal dirigido aumente la exposición de los trabajadores si no se utiliza debidamente.

Los principios básicos para el diseño de una campana exige la definición de tres aspectos esenciales en la misma: 1.º La geometría, 2.º El caudal de aspiración necesario y 3.º la pérdida de carga a que dará lugar.

Así debemos de tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Encerrar la fuente contaminante tanto como sea posible.
- Capturar el contaminante con la velocidad adecuada.
- Extracción del contaminante, fuera de la zona de respiración del operario.
- Adecuada velocidad de transporte, para evitar deposiciones en los conductos.
- Igualar la distribución de aire a todo lo largo de las aberturas de las campanas.
- Descarga del aire extraído lejos del punto de reposición.
- Suministro adecuado de aire, para compensar el extraído y originar una depresión.

Condiciones de dispersión del contaminante	**Ejemplo**	**Velocidad de captura, m/s**
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25 - 0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado intermitente de recipientes; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5 - 1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1 - 2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5 - 10

Tabla 8-2: ELECCIÓN DE VELOCIDAD DE CAPTURA

COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Todos los sistemas de ventilación deben comprobarse en el momento de su instalación, a fin de verificar el caudal o caudales, para obtener información que pueda compararse con los datos de diseño. La comprobación inicial proporcionará una referencia para el mantenimiento periódico y la detección de los fallos del sistema en el supuesto que se produjera una avería.

La medición más importante en la comprobación de un sistema de ventilación es el caudal, determinando la velocidad del aire y el área de la sección del conducto o abertura en el punto de medida.

Las mediciones de la presión del aire se emplean para determinar la presión estática del ventilador, así como la pérdida de carga en campanas, equipos depuradores y otros elementos de un sistema de extracción. Las medidas de presión pueden ser útiles para localizar obstrucciones en el conducto y detectar puntos en los que se producen fugas de aire importantes.

CAPÍTULO 9: RUIDO

Dentro de los agentes físicos que se consideran en higiene industrial, uno de los más importantes debido a su existencia en gran número de industrias es el ruido. Se suele definir el ruido como un sonido no deseado.

Si tenemos en cuenta el extraordinario funcionamiento del oído humano y la importancia de las relaciones sociales de todo tipo, resalta la importancia de la conservación del mismo. El ruido constituye uno de los problemas a vencer en una sociedad desarrollada, ya que produce una progresiva pérdida de la capacidad auditiva del hombre.

Mientras que la necesidad de contar con un órgano auditivo en perfectas condiciones es cada día mayor, puesto que las máquinas son cada día más rápidas y exigen tiempos de reacción menores, la realidad es que el oído pierde capacidad por efecto de la edad (presbiacusia), deterioro que aumenta aceleradamente cuando, además, el sujeto está sometido o ruidos excesivos.

TEORÍA FUNDAMENTAL DEL SONIDO

El sonido consiste en una variación de presión sobre la presión atmosférica, producida por la vibración de un cuerpo, y que el oído humano puede detectar como una sensación percibida a través del órgano auditivo. Dado que tiene su origen en un movimiento vibratorio que se transmite en un medio, ya sea sólido líquido o gaseoso, podemos definirlo como una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva. El ruido industrial, la música y la conversación son tres manifestaciones del sonido.

El sonido se puede considerar pues bajo dos puntos de vista:

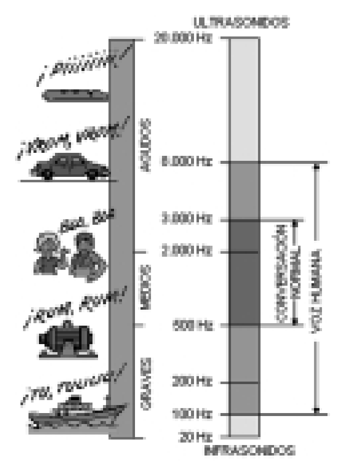


Figura 9-1

Subjetivamente, nos referimos a la sensación auditiva en el cerebro. Un bailarín puede encontrarse en su elemento en una discoteca cuya música ambiental alcanza niveles de 100 dBA; para él la música será un sonido agradable. Pero a un vecino del mismo edificio, que pretende conciliar el sueño, y que le llega ese ruido, amortiguado, con un nivel de 40 dBA le parecerá un ruido insoportable.

En mayor o menor grado estamos continuamente expuestos al ruido, cada persona se desenvuelve en varios ambientes acústicos a lo largo de su jornada que oscilan normalmente entre 20 dBA y 110 dBA.

Como ilustración de la incultura del ruido podemos citar el walkman o equipos musicales cuyos altavoces van insertos en el oído, frecuentemente utilizados con un volumen excesivo, las condiciones acústicas inadecuadas de comedores de restaurantes, aulas de formación, etc. que hace que sean auténticas "pocilgas acústicas".

Objetivamente, nos referimos a los aspectos físicos del movimiento ondulatorio como frecuencia, longitud de onda, etc., magnitudes que se pueden medir todas ellas con toda precisión.

NOCIONES FUNDAMENTALES DE ACÚSTICA

Los movimientos de un cuerpo vibrante, los golpes, remolinos producidos por un escape de gas, etc. perturban la atmósfera circundante y originan contracciones y dilataciones de volúmenes de aire elementales que, en ciertas condiciones, impresionan el sentido del oído produciendo en éste una sensación que entendemos por sonido.

El sonido, por tanto, es producido por una serie de vibraciones que se propagan en los sólidos, los líquidos y los gases. Se necesita pues un medio elástico para que el sonido pueda originarse y transmitirse; ningún sonido puede ser transmitido en ausencia de materia (en el vacío).

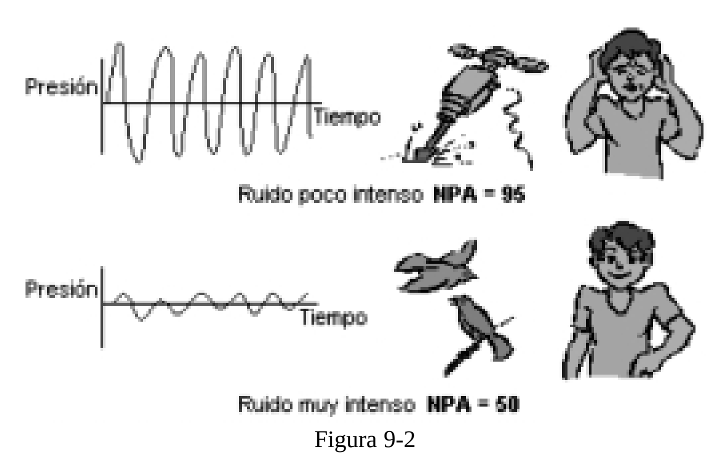


Figura 9-2

Si consideramos una serie de barras colgadas de un punto y propinamos un golpe a la primera, ésta entrará en movimiento y empujará a la barra siguiente y así sucesivamente… Las moléculas de aire se comportan de modo parecido, pero en tres dimensiones cuando se propaga una onda sonora.

Un cuerpo al vibrar comprime las moléculas cercanas y crea perturbaciones (ondas) que se propagan a una determinada velocidad, en función de la densidad y elasticidad del medio; en el aire esta velocidad es de 340 m/seg. A la presión atmosférica normal.

Para una fuente de sonido determinada, la propagación tiende a ser esférica u omnidireccional si el sonido que se emite es de baja frecuencia, y plana o direccional cuando tal sonido es de alta frecuencia. En la práctica las ondas planas se dan en las tuberías y en las cercanías de fuentes sonoras de gran tamaño, pero incluso en este caso, a partir de cierta distancia el sonido tiende a propagarse esféricamente.

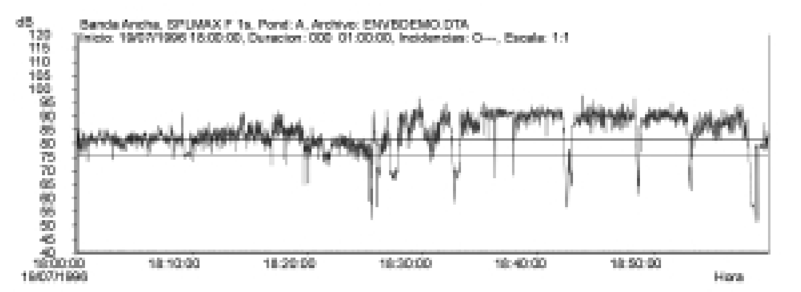


Figura 9-3

Potencia acústica: Cantidad de energía bajo forma acústica que emite un foco sonoro en la unidad de tiempo. Se mide en watios (W). Esta energía se transmite inmediatamente y

se reparte, teóricamente, según una superficie esférica envolvente cada vez mayor, lo que explica la disminución del sonido a medida que nos alejamos de la fuente sonora.

La potencia acústica es una característica consustancial a cada fuente sonora, independientemente de cómo y dónde esté situada. Es el criterio idóneo para comparar las características acústicas de diferentes fuentes sonoras.

Por lo general, estamos continuamente rodeados de varias fuentes sonoras que emiten ruido simultáneamente, dándose el caso de que la fuente más potente es la que predomina sobre las más débiles. Por lo tanto, para reducir el ruido, como primera medida debemos actuar siempre sobre las fuentes sonoras de mayor potencia acústica.

Cuando la fuente sonora es una máquina compuesta de diversas piezas, en la fase de rodaje es más ruidosa y luego el ruido va disminuyendo en el periodo óptimo de la máquina; posteriormente, al envejecer, comienzan a aparecer holguras y desajustes con lo que aumenta su potencia acústica hasta sobrepasar el valor inicial.

La potencia acústica oscila en un campo amplísimo de 10.000 billones de picowatios (10^{-12} watios) , desde el tic-tac de un reloj de pulsera hasta el estruendo de un volcán en erupción (10.000 watios).

Es de destacar que la energía acústica que se presenta habitualmente es muy pequeña, en relación por ejemplo con la energía lumínica. La potencia acústica de un avión a reacción puede ser de 100 w., que equivale a la potencia lumínica de una lámpara doméstica. Sin embargo su "agresividad" es elevada pues puede romper el tímpano de una persona situada a unos metros de distancia.

Como quiera que el margen de variación de la potencia acústica es muy amplio se utiliza normalmente el nivel de potencia acústica L_w de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

siendo L_w el nivel de potencia acústica en decibelios (dB) y W_0 la potencia acústica de referencia e igual a 1 picowatio (10^{-12} watios). Esta potencia se corresponde con el nivel 0 dB de la escala de decibelios.

El nivel de potencia acústica ponderado A (Lwa) de una fuente sonora se expresa en decibelios A (dBA) y puede calcularse a partir de la medición del nivel de presión acústica en dBA. Esta es una unidad muy útil para estimar la magnitud del problema del ruido y para comparar diversas fuentes sonoras en lo que se refiere a su agresividad acústica.

Intensidad acústica (I): Es la cantidad de energía que, en la unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras. Se mide en watios/m^2. La intensidad acústica es la propiedad del sonido que hace que éste se oiga fuerte o débil. Cuanto más fuertes sean las compresiones y dilataciones de las capas de aire, más intenso será el sonido. En la escala de intensidades el umbral auditivo es 10 -12 w/m^2 y el umbral doloroso 25 w/m^2.

A medida que una onda sonora se va alejando de su fuente de origen ha de cubrir una mayor superficie, con lo que su intensidad disminuye hasta hacerse imperceptible.

Se puede demostrar, por consideraciones de mecánica de fluidos y cálculo diferencial que la intensidad de sonido vale:

$$I = \frac{P^2}{\rho\, c}$$

Donde “p^2” es el valor eficaz (r.m.s.) de la presión sonora, es la densidad del medio y “c” la velocidad del sonido. Como en otros conceptos se utiliza también el nivel de intensidad acústica, que se define mediante la expresión:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}\, dB$$

La intensidad de referencia comúnmente utilizada es 10^{-12} watios/m^2.

Duración del sonido: El sonido desaparece rápidamente en el tiempo cuando cesa la causa que lo produce, pero no así sus efectos. Por ejemplo, el ruido de una explosión, aproximadamente 140 dBA, dura menos de tres segundos pero puede producir efectos desastrosos y permanentes sobre los oídos de las personas que han sido alcanzadas por la onda sonora; por no mencionar los propios efectos destructivos de la explosión.

El ruido de la sirena de un vehículo que circula en la ciudad, de noche, a gran velocidad, 60 dBA a 50 metros, puede oírse durante unos pocos segundos, pero desvelará a unos cuantos miles de personas.

Frecuencia (f): Número de variaciones de presión de la onda sonora, en un segundo. Se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo.

La frecuencia principal de un sonido es lo que determina su tono característico, por ejemplo, el estruendo de un trueno lejano tiene una frecuencia baja, mientras que un silbido tiene una frecuencia alta.

Un sonido puede no tener más que una sola frecuencia, tratándose en tal caso de un "sonido puro"; lo más frecuente es que los sonidos que oímos en la práctica y sobretodo los ruidos, sean una amplia mezcla de distintas frecuencias.

Figura 9-4

El tono de un sonido compuesto está determinado por la frecuencia principal, que normalmente va acompañada de un cierto número de armónicos que determinan su timbre.

Longitud de onda (λ): Es la distancia que separa dos estados iguales de una onda sonora. Conociendo la velocidad y la frecuencia del sonido podemos calcular su longitud de onda mediante la fórmula:

Longitud de onda λ = velocidad del sonido / frecuencia

Los sonidos de baja frecuencia tienen longitudes de onda largas que les permiten bordear mejor los obstáculos, por lo que son más difíciles de aislar.

Presión acústica: Energía acústica bajo forma de variación de presión (N/m^2), es decir la variación de la presión atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación

a través del aire de una onda sonora. El margen de presión acústica capaz de oír una persona joven y normal oscila entre 20 N/m² y 2 10^{-5} N/m² (umbral auditivo).

Como vemos, dado el amplísimo margen, las medidas acústicas se representan en escala logarítmica. Se define así el **decibelio** como una unidad adimensional relacionada con el logaritmo de una cantidad medida y de otra que se toma como referencia.

Para la presión acústica se toma como referencia P_0 = 2 10^{-5} N/m² (1 Pascal = 1 N/m²) , que se corresponde con la menor presión acústica audible que puede detectar un oído joven y sano a una frecuencia de 1.000 Hz. Se define entonces:

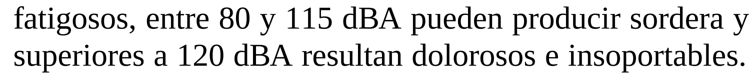
Nivel de presión acústica (en dB) = 10 log $(P/P_0)^2$

También se puede definir el nivel de potencia acústica, nivel de intensidad acústica, etc. de manera similar mediante el empleo de los logaritmos.

La suma de niveles de presión acústica

Cuando existen varios ruidos que presentan presiones acústicas distintas, medidas en dB, la suma de todas ellas debe realizarse teniendo en cuenta la definición de nivel de presión acústica, y por tanto no se corresponde con la suma aritmética.

Es necesario tener en cuenta que, al utilizar la escala logarítmica, pequeñas diferencias en el número de decibelios representan una diferencia importante en la energía de un ruido y por tanto en su agresividad. Si en un local existe una máquina que emite una determinada cantidad de ruido, y colocamos una segunda máquina que emita el mismo ruido que la primera, podemos suponer que se duplicará la intensidad sonora en el ambiente. Si aplicamos la fórmula que define el concepto de nivel (Level) tendremos:



$$L_2 = 10 \log \frac{2I}{I_0} = \log 2 + 10 \log \frac{I}{I_0} = L_1 + 3$$

Aproximadamente, cada 3 dB significa el doble de nivel de ruido

Utilizando la expresión de nivel L anterior el margen de presión acústica habitual varía entre 0 y 120 dBA, margen más cómodo y más fácil de manejar. En general podemos decir que los ruidos hasta 60 dBA resultan soportables, entre 60 y 80 dBA son fatigosos, entre 80 y 115 dBA pueden producir sordera y superiores a 120 dBA resultan dolorosos e insoportables.



Figura 9-5

Ruido de impacto: aquel en que el nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y las variaciones entre dos máximos consecutivos de nivel acústico se efectúan en un tiempo superior a un segundo, con un tiempo de actuación inferior a 0,2 segundos.

Ruido continuo: es aquel en el que el nivel de presión acústica se mantiene constante en el tiempo y si posee máximos, éstos se producen en intervalos menores de un segundo. Pueden ser estables o variables, cuando en este último caso oscila en más de 5 dB(A) a lo largo del tiempo.

Indice y factor de directividad: En general, una fuente sonora no emite radiación acústica en todas las direcciones por igual; es por tanto conveniente saber en qué dirección emite más energía y en qué magnitud. Para este cometido se utilizan dos parámetros, relacionados entre sí.

El *índice de directividad* DI en un punto determinado es la diferencia entre el nivel de presión acústica en un punto dado y el nivel promedio que correspondería a ese punto si la fuente sonora fuera omnidireccional:

$$DI = Lp_{A1} - LpA\ (dB_A)$$

El *factor de directividad* Q en una determinada dirección es el cociente entre la energía acústica emitida a un punto dado A_1 y la energía que correspondería a ese punto si la fuente sonora fuera omnidireccional.

Vemos entonces, que según esté situada una máquina, sujeta del techo en el aire, en el suelo, junto a dos paredes, etc., el factor de directividad puede ser 1,2,4 y hasta 8 veces. Así, por ejemplo, una máquina situada el suelo y que en el aire daría un ruedo de 80 dBA, al reflejar el sonido y emitirse a través de una semiesfera emitirá un sonido de hasta 83 dBA.

Imaginemos que el fabricante de una máquina especifica 75 dBA de nivel de presión acústica para el punto donde se situará el operador. Si el comprador instala la máquina en una esquina del local, el nivel soportado por el trabajador será de 84 dBA (75+3+3+3), a lo que habría que añadir el ruido reverberado y el ruido de fondo. Es evidente, por tanto la importancia de la situación de la fuente sonora para reducir el ruido en el puesto del operador.

OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO

Cuando examinamos un ruido industrial desde un punto de vista higiénico pretendemos en primer lugar valorar el riesgo de la exposición al ruido en el puesto de trabajo; además, conocer las características del ruido al objeto de arbitrar medidas para su control. En general cuando nos refiramos a porcentajes de ruido debemos precisar muy bien que queremos decir, si nivel sonoro, potencia acústica, etc. pues los valores pueden diferir notablemente.

Suma de niveles sonoros

La escala en decibelios varía de forma logarítmica por lo que no es posible sumar aritméticamente los niveles de ruido. Por ejemplo, dos máquinas que producen 80 dBA de nivel de presión sonora cada una producirán, en combinación, 83 dBA.

Si hemos medido por separado los niveles de presión acústica de dos fuentes de ruido, el nivel resultante cuando ambas actúan simultáneamente se obtiene sumando al mayor valor de los valores, la corrección obtenida de la tabla 9-1:

Diferencia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	910	
Incremento	3	2,6	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Tabla 9-1: SUMA DE NIVELES SONOROS

Por ejemplo: máquina n.º 1 86 dBA, máquina n.º 2 80 dBA, diferencia 6 dBA. Luego debemos sumar a 86 dBA 1 dBA obteniendo como resultado final 87 dBA

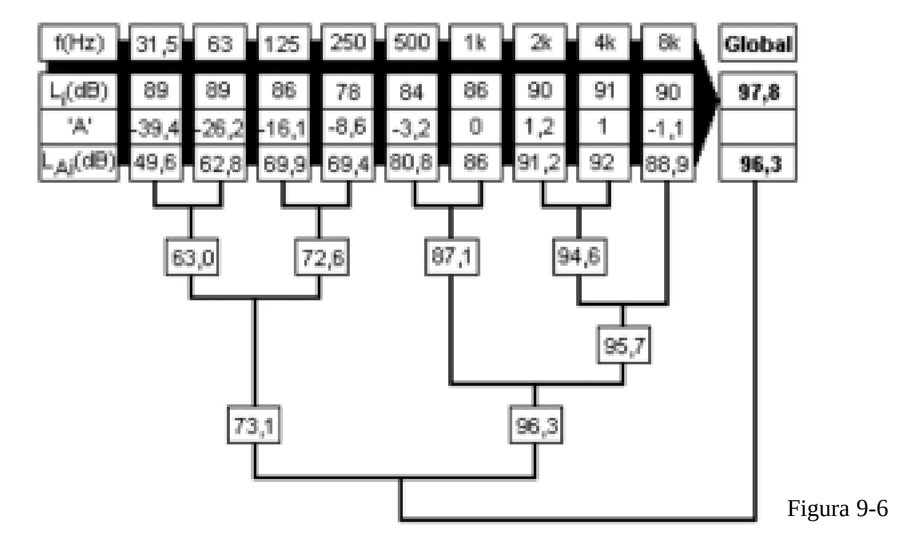


Figura 9-6

De forma matemática se puede calcular mediante la fórmula:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{m} Ti \cdot 10^{0,1 L_{Aeq\,Ti}}$$

Resta de niveles sonoros

Cuando medimos en un punto dado el ruido que produce una máquina en funcionamiento, estamos en realidad midiendo el ruido que produce la máquina más el ruido de fondo del lugar donde está instalada.

Por tanto para conocer el ruido emitido por la máquina deberemos realizar dos medidas: una del ruido de fondo (con la máquina parada) y otra del "ruido total" (con la máquina en funcionamiento), para realizar después la resta de los dos valores obtenidos que, como es sabido y tratándose de decibelios, no será una resta aritmética. La operación se lleva a cabo utilizando la tabla 9-2:

Diferencia entre mediciones	< 3	3	4 y 5	6 a 9	> 10
Corrección K1	> 3	3	2	1	0

Tabla 9-2: RESTA DE NIVELES SONOROS

Por ejemplo, ruido de fondo medido 80 dBA, ruido total 87 dBA, diferencia 7 dBA la que, según la tabla corresponde una corrección de 1 dBA por lo tanto el ruido imputable a la máquina será 87 - 1 = 86 dBA. Si la diferencia es superior a 10 dBA no es necesario efectuar la corrección.

Análisis en bandas de octava

Para decidir las medidas de atenuación que deben adoptarse ante un problema de ruidos, es necesario conocer no sólo el nivel de presión acústica, sino que es preciso conocer además cómo la energía acústica se distribuye en cada uno de los rangos de frecuencia que componen el sonido o ruido problema.

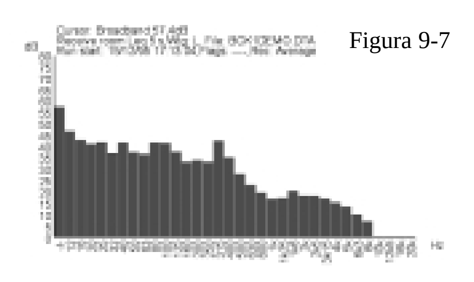


Figura 9-7

El análisis de frecuencias de un sonido complejo permite dividir la gama de frecuencias audibles, que va de 20 a 20.000 Hz en secciones o bandas.

Este análisis se realiza mediante un sonómetro que mide los niveles de presión acústica equipado con filtros electrónicos, cada uno de los cuales no deja pasar más que los sonidos cuyas frecuencias están dentro de la banda seleccionada previamente y que rechazan todos los demás sonidos. Estas bandas tienen un ancho de banda de octava o de tercio de octava.

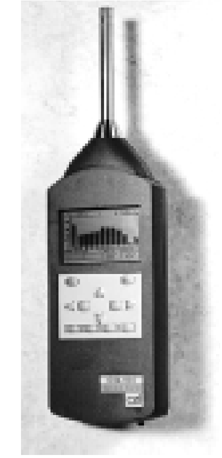


Figura 9-8: SONÓMETRO CON BANDAS DE OCTAVA

Una octava es una banda de frecuencia en la que, la frecuencia más alta es dos veces la frecuencia más baja. El nombre de octava se deriva del hecho de que una de estas divisiones abarca las ocho notas de la escala diatónica musical. Se denomina frecuencia central de la banda a la media geométrica de las frecuencias extremas, y que se utiliza para denominar la banda. Así la banda con frecuencias extremas de 707 Hz y 1.414 Hz se la denomina banda de octava de 1.000 Hz.

Un tercio de octava cubre una gama en la que la frecuencia más alta es 1,26 la frecuencia más baja.(raíz cúbica de dos)

En un sonido cualquiera el nivel de presión acústica total es la suma logarítmica de los niveles de las distintas bandas de frecuencia.

Para representar un sonido se puede representar la variación de presión con el tiempo; suele utilizarse más la representación de una magnitud característica, por ejemplo el valor eficaz, con respecto a la frecuencia, obteniéndose los clásicos gráficos de barra en función de la frecuencia.

Atenuación del sonido con la distancia

En el aire, en campo libre sin obstáculos, el sonido va disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la fuente sonora, al distribuirse en una mayor superficie hasta hacerse imperceptible.

Cuando la fuente sonora puede considerarse puntual (ventilador, avión lejano…) el nivel de presión acústica disminuye en 6 dBA cada vez que se duplica la distancia y en 20 dBA cada vez que la distancia se multiplica por diez.

Si la fuente sonora es lineal (tubería, autopista…) el nivel de presión acústica se reduce en 3 dBA cada vez que duplicamos la distancia y en 10 dBA cada vez que la distancia se multiplica por diez.

Ponderación "A".

La percepción del sonido por el oído humano es un complejo proceso, porque depende del nivel de precisión acústica y de la frecuencia del sonido. Dos ruidos pueden tener un nivel de presión acústica similar y presentar una distribución de frecuencias diferentes, siendo tanto más molesto e irritante en las altas frecuencias. Para poder

establecer los riesgos de lesión, es necesario que la medida del ruido se realice con un equipo (Sonómetro) que lo registre de forma similar a como lo percibe el oído humano, es decir, que pondere el nivel de presión acústica en función de la frecuencia.

El comportamiento del oído, basándose en las curvas de igual sensación sonora hace pensar en esta necesidad y con este objetivo, al Sonómetro se le acoplan unos filtros de medición desiguales con las letras A, B, C ... Tales filtros producen una ponderación (reducción o aumento) de la medida en función de la frecuencia.

Utilizando un filtro A se logra registrar el sonido de forma casi idéntica a como el oído humano lo percibe.

El nivel de presión acústica ponderado A, registrado con un Sonómetro equipado con el filtro se expresa en dB (A).

La escala A está pensada como atenuación similar al oído cuando soporta niveles de presión sonora bajos a las distintas frecuencias o lo que es lo mismo, cuando se aproxima a las curvas de igual intensidad para bajos niveles de presión sonora.

MEDIDAS DEL NIVEL SONORO

La evaluación de los niveles sonoros existentes es una operación necesaria e imprescindible para determinar la gravedad del problema y realizar un diagnóstico de la situación de partida como etapa previa a todo programa de reducción del ruido.

Para poder llevar a cabo la evaluación es imprescindible la medición de los niveles de ruido, para lo que se utilizan diversos equipos.

Sonómetros y dosímetros



Figura 9-9: SONÓMETRO

Para medir el nivel total del ruido se utilizan el sonómetro y el dosímetro y para conocer el espectro de frecuencias el espectrómetro de audiofrecuencia y el registrador de nivel, aunque algunos sonómetros permiten realizar el análisis en bandas de octava o tercios de octava.

El espectro de frecuencias se logra por análisis del fenómeno sonoro con ayuda de filtros electrónicos que sólo dejan pasar las frecuencias comprendidas en una zona estrechamente delimitada. Los filtros más comúnmente utilizados son los de octava y los de tercio de octava. En el primero se analizan unas bandas de frecuencia tales que las frecuencias superiores e inferiores están en la relación de dos a uno, mientras que en los de tercio de octava proporcionan una banda con una anchura tal que las frecuencias están en la relación de raíz cúbica de dos.

El **sonómetro** es un instrumento electrónico capaz de medir el nivel de presión acústica expresado en decibelios, independientemente de su efecto fisiológico. Registra un nivel de energía sobre el espectro de 0 a 20.000 Hz. Con objeto de tener en cuenta las distintas sensibilidades del oído humano, según su frecuencia, los sonómetros están dotados de filtros cuyas curvas de respuesta están tomadas aproximadamente de la red de curvas isosónicas. Internacionalmente se han normalizado diferentes curvas de sensibilidad, siendo la curva de ponderación A la que da los niveles más próximos a los percibidos por el oído humano.

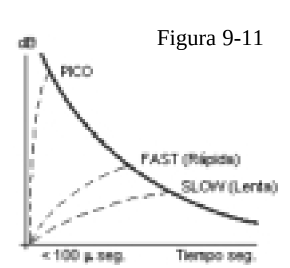


Figura 9-10

Para su correcto uso el sonómetro debe ser calibrado con un pistófono. El sonómetro da como lectura el valor eficaz que es una medida de la energía acústica del ruido. Proporciona el nivel de presión acústica promediado a lo largo del tiempo que dure la medición:

Slow (lento): valor eficaz a lo largo de 1 seg.
Fast (rápido): valor eficaz a lo largo de 125 mseg. ,
Impulse (impulso): valor eficaz a lo largo de 35 mseg.
Peak (pico): Valor máximo en menos de 100 ms.

Figura 9-11



El **sonómetro integrador** permite determinar el valor del nivel de presión acústico continuo equivalente ponderado A necesario para poder evaluar el riesgo de exposición al ruido de acuerdo con el R.D. 1316/89, determinando el nivel de presión sonora continuo equivalente en escala A.



Figura 9-12

El **medidor de impacto** mide las características del sonido de impacto: intensidad acústica y tiempo de duración del impacto.

El **dosímetro** es un aparato que integra de forma automática los dos parámetros importantes desde el punto de vista higiénico: el nivel de presión acústica y el tiempo de exposición, obteniéndose directamente lecturas de riesgo expresadas en porcentajes de la dosis máxima permitida legalmente para ocho horas diarias de exposición al riesgo.

Recomendaciones para realizar mediciones sonoras

Es conveniente determinar el método operativo siguiendo los siguientes pasos:

– Recopilar con antelación la mayor información posible.
– Acordar el objetivo de la medida, solicitar la colaboración en las mediciones de las personas participantes, estimar el tipo de ruido y su nivel, elegir el equipo de medida apropiado, etc.
– Comprobar los equipos al comienzo y al final de la medición.
– Decidir que red de ponderación se va a emplear. Normalmente la "A".
– Seleccionar la respuesta del detector correcta. Normalmente para impactos "Peak"; para ruido estable, "slow"; para ruido variable "slow", "LAeq" o "SEL", según convenga o se disponga.
– Durante la medida utilizar pantalla antiviento protectora de golpes, medir en el lugar adecuado, dirigir el Sonómetro en el sentido apropiado.
– Realizar un informe de medida bien documentado.
– Recordar que algunos informes, de acuerdo con la normativa, hay que conservarlos durante 30 años.



Figura 9-13

EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL ORGANISMO

La acción de un ruido intenso sobre el organismo se manifiesta de varias formas, bien por acción refleja o por repercusión sobre el psiquismo del individuo. Podemos señalar las consecuencias siguientes:

- Acción sobre al aparato circulatorio: aumento de presión arterial, ritmo cardiaco y vaso-constricción periférica.
- Acción sobre el aparato muscular aumentando la tensión, sobre el aparato digestivo produciendo inhibición del mismo, sobre el aparato respiratorio modificando el ritmo, etc.

Todas estas acciones son pasajeras y se producen inconscientemente y con independencia de la sensación de desagrado o malestar.

En el orden psicológico el ruido es causa generalmente de molestia y desagrado, dependiendo de factores objetivos y subjetivos. El desagrado es más fuerte cuando los ruidos son intensos y de alta frecuencia, los ruidos discontinuos e inesperados molestan más que los habituales, el tipo de actividad desarrollada por el individuo ejerce una influencia en el desagrado que éste experimenta, etc.

Por si fuera poco, el ruido dificulta la comunicación e impide percibir las señales y avisos de peligro, hecho que puede ser también causa de accidentes.

Estructura del sistema auditivo

El oído es un órgano alojado en el hueso temporal. Desde el punto de vista anatómico y funcional , podemos dividir el oído en tres partes: oído externo, medio e interno.

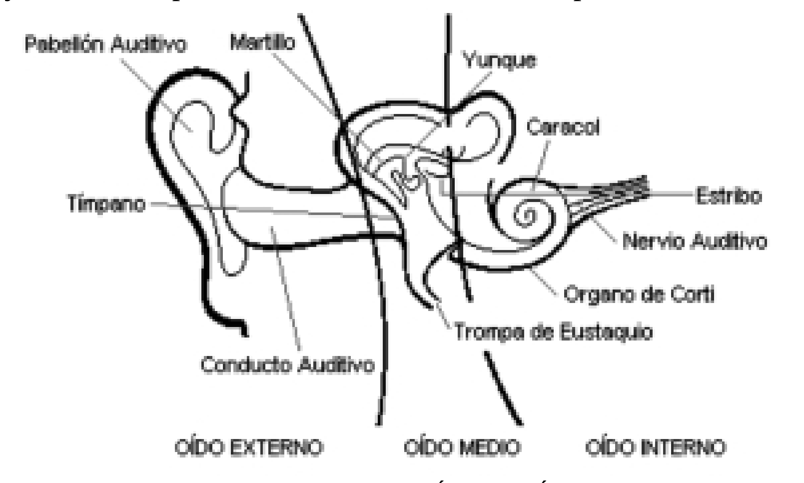


Figura 9-14: ANATOMÍA DEL OÍDO

Oído externo

El oído externo se divide en dos partes, fundamentalmente; la parte exterior, llamada pabellón u oreja, y el llamado conducto auditivo externo.

La oreja es la parte visible del sistema auditivo que ofrece unas características morfológicas adaptables a su función como primera fase del proceso de captación sonora, con un perfil receptor.

La morfología de la oreja hace que se recojan las ondas sonoras conduciéndolas hacia el canal auditivo externo que con una longitud de unos 3 cm, termina en la membrana del tímpano que se considera como frontera entre los oídos externo y medio.

En el conducto auditivo externo el sonido pasa a través del cerumen y llega a la membrana del tímpano, la hace vibrar comunicando este movimiento a su vez a los huesos del oído medio.

Oído medio

Es un espacio hueco llamado caja del tímpano. Está limitado en su parte más externa por la membrana del tímpano y en su parte más interna por la pared ósea del oído interno.

En el interior del oído medio se encuentra la cadena de huesecillos (martillo, yunque y extribo) que tienen por función unir la membrana del tímpano con el oído interno a través de la ventana oval ubicada en la pared ósea del oído interno.

El techo del oído medio lo constituye la separación de éste del lóbulo temporal del cerebro y la parte inferior lo separa de la carótida, así como la yugular.

En la parte frontal aparece la Trompa de Eustaquio, cuya función es de regulación de las presiones atmosféricas y la del oído medio. Por último, en la parte posterior aparecen las cavidades mastoideas.

En el oído medio se producen dos funciones fundamentales La primera de trasnmisión del sonido hasta el oído interno. La segunda, de transformación del sonido amplificándolo o amortiguándolo.

La transmisión del sonido se efectúa a partir del movimiento de la membrana del tímpano (comparable al que experimenta el diafragma de un teléfono) que lo comunica al martillo, éste a su vez lo transmite al yunque y éste al estribo que termina en la ventana oval, donde comienza el oído interno.

El movimiento de la cadena de huesecillos produce que la presión comunicada al martillo por la membrana timpánica que se ve aumentada en razón de la menor o mayor longitud del estribo.

Otro mecanismo transformador del sonido en el oído medio lo constituye el efecto multiplicador que supone la diferencia de superficies entre la membrana timpánica y la base del estribo, ésta mucho menor que aquélla.

Finalmente, la función del oído medio no es siempre amplificadora. Ante la recepción de fuertes sonidos los músculos de inserción de la cadena de huesecillos actúan en el sentido de limitar la movilidad de éstos, lo que constituye una forma de amortiguación.

En resumen:

El oído percibe las variaciones de presión en forma de sonidos cuando la frecuencia de la vibración se encuentra comprendida entre los 20 y 20.000 Hz de la siguiente manera:

a) El oído externo tiene como misión fundamental el servir de conducción del sonido actuando mediante el pabellón auditivo y el conducto auditivo, percibiéndose el origen y dirección de propagación del sonido.

b) El oído medio, que comienza en la membrana del tímpano, es el encargado de recoger las variaciones de presión que se transmiten por una serie de huesecillos (martillo, yunque, lenticular y estribo) que actúan como una sucesión de palancas constituyendo un amplificador mecánico.

Por último tenemos el **oído interno,** que con apariencia de caracol, es el auténtico órgano de la audición; está dividido longitudinalmente en dos partes por la membrana basilar. Las vibraciones procedentes de la ventana oval se transmiten al fluido que llena el caracol y ponen en movimiento diferentes partes de la membrana basilar en cuya cara superior se encuentran miles de células pilosas muy sensibles (células ciliadas), de

naturaleza variada -cada grupo de células es excitado por un tono de sonido determinado- que actúan como captores sensoriales y que, a través del nervio acústico, envían al cerebro los impulsos recibidos, donde son analizados e interpretados como sonidos.

El oído recibe pues dos sensaciones fundamentales: el tono que puede determinarse midiendo la frecuencia y la intensidad; también percibe el "timbre", etc.

Cuando el ruido actúa sobre el oído, dependiendo de su intensidad, el espectro de frecuencias y el tiempo de exposición, puede llegar a producir un trauma auditivo irreversible, con una lesión irreversible del órgano de Corti, dando lugar a la sordera.

Para llegar a esta situación han de darse determinadas circunstancias, bien un traumatismo lento, por actuar el ruido intenso sobre el oído y lesionar las células sensoriales o bien un accidente agudo intensivo que puede dar lugar a una deformación o lesión mecánica de la membrana basilar. Si la disminución de la capacidad auditiva es sólo temporal recibe el nombre de fatiga auditiva y desaparece a los pocos minutos de abandonar el ambiente ruidoso.

Si la exposición al ruido intenso es diaria y dura mucho tiempo, la recuperación de la sensibilidad auditiva puede ser sólo parcial. A medida que el proceso avanza se producen disminuciones de sensibilidad en la banda conversacional pasando del sordo profesional al sordo social. La sensibilidad del oído humano depende de la susceptibilidad de las personas y de la edad, produciéndose una disminución de la agudeza auditiva a medida que aumenta aquella.

Daño auditivo

La observación y el estudio de colectivos de trabajadores sometidos al ruido industrial ha podido poner de manifiesto la presencia de mayor grado de nerviosidad y/o agresividad en los trabajadores expuestos que en los que no lo están.

También pueden encontrarse trastornos de memoria, de atención, de reflejos e incluso una lenta merma de las facultades intelectivas de los trabajadores sometidos largo tiempo al ruido.

La alteración nerviosa producida por el ruido puede reflejarse en el aparato digestivo, provocando trastornos de la digestión, ardores, despepsias, etc.

Puede decirse, por último, que la exposición o moderados y altos niveles de ruido se corresponden con un aumento de la fatiga.

No obstante, el daño más importante que genera el ruido es el de la disminución de la capacidad auditiva.

Se puede considerar la sordera temporal (Temporary Threshold Shift desplazamiento temporal del dintel de audición o TTS) y la sordera permanente, como las dos formas de plantearse la disminución de agudeza auditiva.

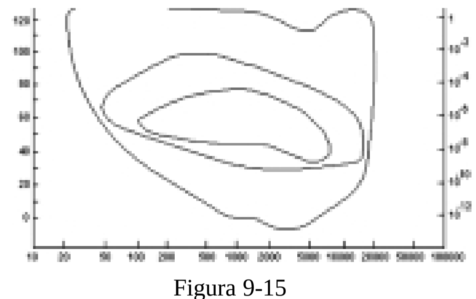


Figura 9-15

La sordera temporal aparece cuando las exposiciones a niveles de ruido, generalmente elevados, producen elevaciones del umbral de audición que se recupera posteriormente en los periodos de no exposición, no obstante, queda siempre un resto acumulativo.

En la sordera permanente, el desplazamiento del umbral de audición debido al ruido se produce cuando la recuperación del nivel auditivo hacia la situación anterior a la agresión sonora, no tiene lugar. Este desplazamiento permanente del umbral de audición

ocurre cuando la lesión se localiza en el oído interno. En estos casos dicha lesión por trauma sonoro es cóclear.

Características de la pérdida auditiva

El desplazamiento temporal del umbral de audición (TTS) conlleva una recuperación posterior de la audición normal, al cabo de un tiempo del orden de las 10 horas, siempre que no se repita la exposición al ruido.

El desplazamiento del umbral suele alcanzar un máximo para frecuencias superiores a la octava siguiente al tono predominante de la exposición. Este desplazamiento tiende a producirse durante la primera hora de exposicón y su amplitud depende del tipo de ruido; ruidos de frecuencias altas producen mayores desplazmientos que los de frecuencias bajas.

Estudios efectuados por Trittipol demuestran que la recuperación es tanto más rápida cuanto mayor ha sido el desplazamiento, existiendo un límite del orden de 50 dB. A partir de los 60 dB, la vuelta a la normalidad es mucho más lenta, sobre todo para frecuencias superiores a 4.000 Hz, pudiendo aparecer incluso desplazamientos permanentes del umbral de audición.

Sorderas de transmisión y de percepción

La sordera se produce cuando hay un corte en el camino que recorre la onda sonora desde que es recogida por el pabellón auditivo hasta que se transmite al cerebro.

El oído externo, aparte de la obstaculización a la transmisión del sonido que pueda suponer la presencia de un tapón de cerumen, no presenta patología especial en cuanto a la sordera.

En el oído medio pueden presentarse anquilosis del tímpano por esclerosis, o de la cadena de huesecillos por artrosis, lo que daría origen a disminuciones de ampliación de los sonidos recibidos por el tímpano. Se interrumpiría, por tanto, en alguna medida la transmisión del oído medio hacia el oído interno. Nos encontramos en el caso de una sordera por transmisión. Este tipo de sordera es curable mediante tratamiento médico: quirúrgico o protésico.

Las circunstancias cambian si se considera la sordera ubicada en el oído interno. No hay ninguna forma de recuperar un oído dañado en la zona coclear o en el nervio auditivo. Nos encontraríamos en el caso irreversible de sordera como es la sordera de percepción. Las sorderas de tipo profesional son, en muchos casos, sorderas de percepción.

Para definir si la caída de audición es debida a lesión en el oído medio o en el interno, y, por tanto, si es o no de carácter irreversible, se realizan dos tipos de audiometrías: la transmisión ósea y la de transmisión aérea, que dan origen a la curva de audición ósea (CO) y a la de audición aérea (CA).

Para la construcción de la curva de audición ósea, que refleje el funcionamiento real del nervio auditivo, se emplea un vibrador óseo que, aplicado al mastoides, hace llegar el sonido al oído interno sin el concurso del oído medio. Si la (CO) presenta una disminución, a distintas frecuencias , de la agudeza auditiva nos encontramos ante una sordera de percepción irreversible. Si la curva de audición aérea (CA) está separada de la (CO) y por debajo de ésta, a las distintas frecuencias, nos encontramos con una sordera de transmisión.

Sordera de percepción

A diferencia de la sordera de transmisión (corte entre el conducto auditivo externo y la ventana de separación entre el oído medio e intermedio) y la sordera de percepción (corte desde la entrada hasta el cerebro), la Sordera de Recepción es la lesión del conjunto de células que constituyen el órgano de corti (caracol). Son células nerviosas que enlazan con células superficiales del cerebro.

RECONOCIMIENTO MÉDICO DE LA FUNCIÓN AUDITIVA

La exposición frecuente a elevados niveles de ruido produce un deterioro de las células pilosas, acompañado de una pérdida de capacidad auditiva que puede llegar a la sordera. Estas lesiones cursan sin producir síntomas de alarma previos, por lo que para poner remedio a tiempo a esta situación se deben realizar exámenes audiométricos del oído.

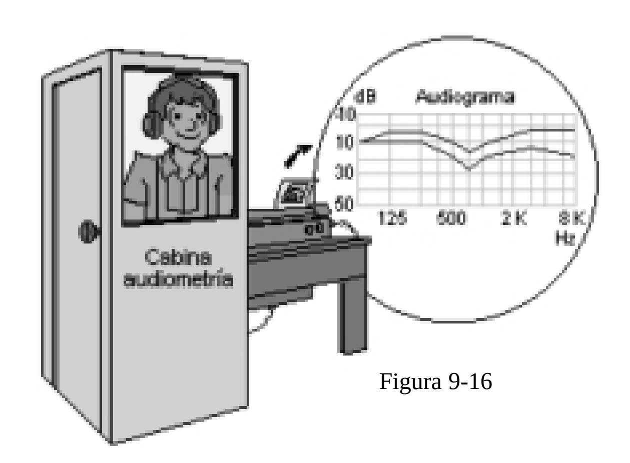


Figura 9-16

La audiometría es un examen de la agudeza auditiva, que se lleva a cabo con la ayuda de un aparato denominado audiómetro, que a través de unos auriculares, envía al sujeto en estudio unos sonidos puros de distinta frecuencia e intensidades crecientes.

El sujeto situado en una habitación silenciosa o mejor en una cabina insonorizada, va indicando si oye o no tales señales. Para cada frecuencia se comienza por remitir un sonido del nivel 0 dB, que es el nivel más bajo susceptible de ser captado por un oído joven y sano (umbral de audición tipo). De esta manera se puede determinar el umbral de audición del sujeto en estudio y detectar posibles e incipientes sorderas.

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN AL RUIDO. EL R.D. 1316/1989

Este R. D. contempla una serie de obligaciones para el empresario y los trabajadores:

Obligaciones del empresario:

- Proteger a los trabajadores contra los riesgos del ruido.
- Reducir al nivel más bajo, técnica y razonadamente posible, el ruido en todos los centros de trabajo.
- Evaluar la exposición de los trabajadores al ruido.
- Formar e informar a los trabajadores y a sus representantes sobre las medidas de prevención del ruido.
- Realizar el control médico auditivo
- Proporcionar equipos de protección individual.
- Requerir del suministrador de equipos de trabajo información sobre el ruido que producen.
- Acondicionar acústicamente los centros de trabajo.
- Desarrollar un programa de medidas técnicas y organizativas en los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente sea superior a 90 dB(A) o el nivel pico supere los 140 dB y señalizar dichos lugares.

– Mantener archivados los datos de las evaluaciones y controles médicos al menos durante 30 años.

Obligaciones y/o derechos de los trabajadores:

– Ser formados en la prevención de los riesgos a que están expuestos.
– Participar en los programas de prevención de riesgos.
– Estar presentes en las mediciones acústicas.
– Ser informados de los resultados y de las medidas que deban adoptarse.
– Solicitar protección auditiva a partir de 80 dB(A)
– Usar obligatoriamente EPI´s a partir de 90 dB(A)
– Seguir métodos de trabajo correctos par no desvirtuar las mediciones y controles del ruido.

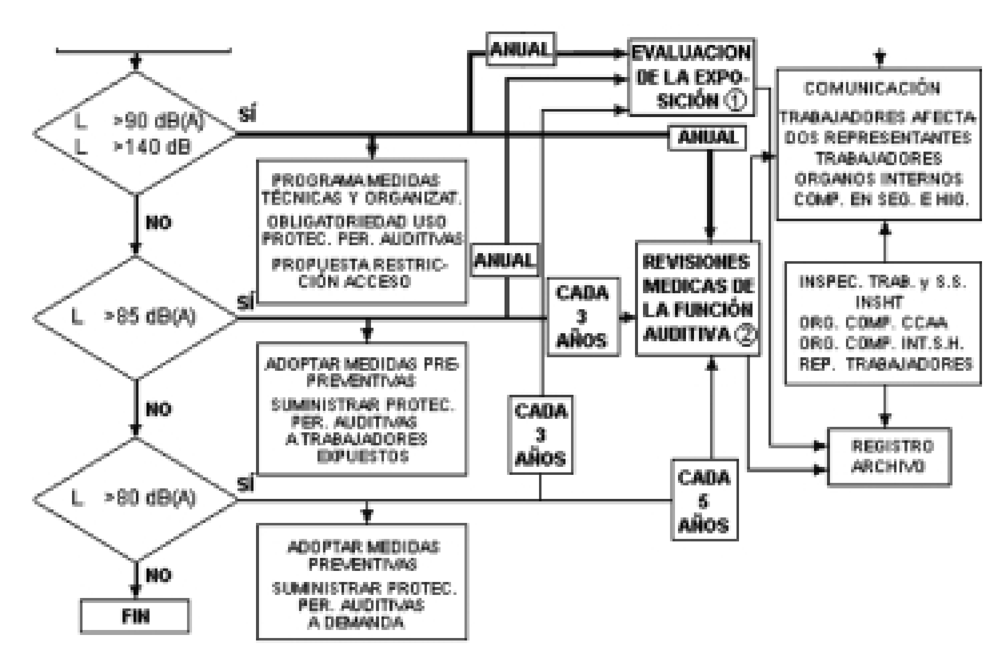
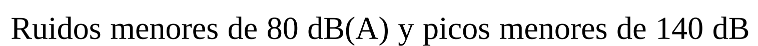


Figura 9-17: ESQUEMA DE ACTUACIÓN DE ACUERDO CON R. D. 1316/1989 DE 27 DE OCT. BOE 263 DE 2 DE NOV. 1989. “SOBRE PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO DURANTE EL TRABAJO”.

La evaluación del riesgo de exposición al ruido comprenderá la determinación para cada puesto de trabajo del valor L_{aeq}, o L_{pico} si procede, lo que permitirá clasificar cada puesto en uno de los cuatro grupos de riesgo previstos en la normativa.

La evaluación deberá hacerse inicialmente, cada vez que se creen nuevos puestos de trabajo o periódicamente en los supuestos especificados por el R.D. Los sonómetros y dosímetros empleados en las mediciones deben ser del tipo 2 según las recomendaciones CEI 804 y 651.


Figura 9-18


Ruidos menores de 80 dB(A) y picos menores de 140 dB

• Evaluar inicialmente los puestos existentes
• Archivar resultados

Ruidos entre 80 y 85 dB(A) y picos menores de 140 dB

• Evaluar inicialmente los puestos existentes
• Evaluar periódicamente cada tres años

• Informar y formar a los trabajadores
• Facilitar protectores auditivos a quien lo solicite
• Control médico inicial de los trabajadores
• Control médico cada cinco años
• Archivar resultados de mediciones y controles médicos

– Ruidos entre 85 y 90 dB(A), picos menores de 140 dB: Además de lo anterior:

• La evaluación periódica de los puestos existentes debe hacerse cada año.
• Deben suministrarse protectores auditivos a todos los trabajadores
• Control médico cada tres años

– Ruidos de más de 90 dB(A), picos mayores de 140 dB: Además:

• Es obligatorio usar protectores auditivos
• Control médico de los trabajadores cada año
• Es obligatorio desarrollar un programa de medidas técnicas y organizativas
• Se debe señalizar la obligación de usar protectores auditivos
• Se debe delimitar los puestos de trabajo y restringir el acceso.

Inferior a 80 dBA 140 dBA Pico	80 dBA	Superior a 85 dBA	90 dBA o 140 dBA pico
Formación e información de los trabajadores	Evaluaciones y controles		
Evaluación de la exposición al ruido	Cada 3 años	Anual	
Suministrar protectores auditivos	A quien lo solicite	A todo el personal	Uso obligatorio
Señalizar los lugares con riesgo			Obligatorio
Control médico auditivo	Cada 5 años	Cada 3 años	Anual
Programa razonado de medidas para	Anual		

Tabla 9-3: NIVEL DE RUIDO DIARIO EQUIVALENTE. ACTUACIONES A LLEVAR A CABO EN FUNCIÓN DEL NIVEL SONORO DETECTADO.

CONTROL Y REDUCCIÓN DEL RUIDO



Figura 9-19

El ruido es un agente físico que nos afecta en todas partes (industria, calle, hogar) y en múltiples actividades (trabajo, comunicaciones, descanso). Todos somos productores de ruido y, por ello, debemos y podemos contribuir a su reducción, disminuyendo la potencia acústica de las fuentes sonoras. Asimismo, a veces está en nuestra mano la posibilidad de reducir nuestra propia exposición, acortando el tiempo de permanencia en ambientes ruidosos y utilizando protección auditiva.



Figura 9-20

La lucha contra el ruido consiste básicamente en considerarlo como enemigo, planteándose continuamente la pregunta ¿es posible hacerlo con menos ruido?, y actuando en consecuencia.

Acondicionamiento acústico de un local

Acondicionar acústicamente un local significa adaptarlo convenientemente, desde el punto de vista sonoro, al objeto de que en él se puedan escuchar los sonidos deseados al volumen adecuado.



Figura 9-21

Para ello hay que considerar si la fuente sonora está dentro del local, en cuyo caso los elementos que lo componen deberán poseer una capacidad de absorción del sonido adecuada a su utilización, o si la fuente sonora está fuera, siendo necesario entonces que el local cuente con un aislamiento acústico suficiente para que no se perturben las actividades que en él se desarrollan. Generalmente suele ser necesario poner en marcha ambas condiciones, que a veces resultan antagónicas.

Cuando un sonido incide sobre un obstáculo su energía se descompone en tres componentes principales:

Energía reflejada que vuelve hacia el mismo lado de donde procede.

Energía disipada que se transmite estructuralmente a través del obstáculo y que se convierte parcialmente en calor.

Energía transmitida, que atraviesa el obstáculo y pasa al otro lado.

En general, se considera como absorbida toda la energía que no vuelve del mismo lado en que se encuentra la fuente acústica.



Figura 9-22

Absorción y aislamiento son dos conceptos opuestos que podemos aclarar con un ejemplo. Si nos situamos dentro de un bunker de gruesas paredes de hormigón, al ser mucho el aislamiento, no escucharemos los ruidos externos o los escucharemos muy atenuados. Sin embargo los ruidos producidos en el interior se verán aumentados y permanecerán en el tiempo, debido a la reverberación de las paredes. Es decir a mucho aislamiento poca absorción.

En campo libre, sin obstáculos, ocurre justo lo contrario; los sonidos que nosotros producimos desaparecen rápidamente y sin embargo escuchamos los que se han producido a mucha distancia, es decir, poco aislamiento y mucha absorción.

La combinación óptima de ambas condiciones sólo se consigue en las cámaras anecoicas, recintos cuyas pesadas paredes tienen gran aislamiento y que, además, están interiormente recubiertas de material absorbente del sonido, con lo que se consigue un nivel máximo de silencio; sólo se siente el propio organismo y la permanencia en ellas por un espacio grande de tiempo puede llegar a ser "angustiosa".

Supongamos ahora que estamos en una sala cerrada y sin amueblar. Nuestras voces, debido a la reverberación, permanecerán en el tiempo y dificultarán la comprensión de la conversación. Si abrimos las ventanas mejorará la absorción de la sala y, como consecuencia, su acústica; siempre que en el exterior el silencio sea mayor que en el interior (cosa poco probable en una comunidad). A medida que se va amueblando y acondicionando la sala, con moqueta, cortinas, tapices, cuadros, muebles, etc. se va mejorando su capacidad de absorción del sonido sin disminuir su aislamiento, hasta conseguir que el tiempo de reverberación sea apropiado.

Otras medidas de control del ruido

El control del ruido puede efectuarse ejerciendo un control administrativo, actuando sobre la fuente productora del ruido, actuando sobre las vías de propagación y en último caso actuando sobre el receptor.

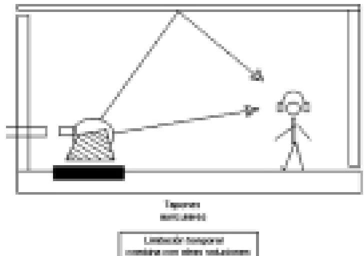


Figura 9-23

Control administrativo

Consiste en reducir el tiempo de exposición de los trabajadores, utilizando medidas organizativas:

- Planificación de la producción para eliminar puestos ruidosos.
- Compra de nuevas máquinas o equipos menos ruidosos.
- Acortar el tiempo de utilización de las máquinas ruidosas.
- Realizar los trabajos ruidosos en horas en que existan menos trabajadores expuestos.
- Dividir el trabajo ruidoso entre varios trabajadores a fin de disminuir el tiempo de exposición de cada uno de ellos.

Actuación sobre la fuente productora de ruido

- Diseño y compra de máquinas con bajo nivel de ruido.
- Reducir los impactos que sean posibles
- Evitar las fricciones
- Eliminación de vibraciones
- Utilizar aisladores y amortiguadores
- Utilizar lubricación adecuada
- Mantenimiento adecuado de máquinas.
- Sustitución de materiales.

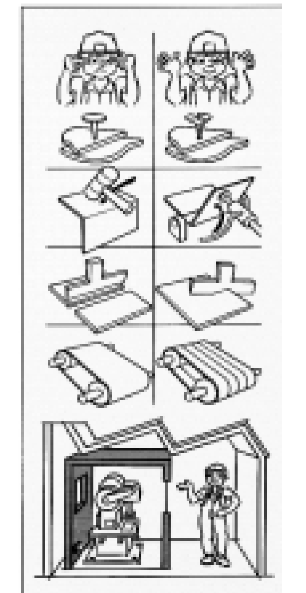


Figura 9-24

Actuación sobre las vías de propagación

- Colocación de pantallas antiacústicas.
- Aislamiento antivibrátil
- Revestimientos absorbentes del sonido, apantallados, blindajes
- Distribución adecuada de máquinas

Actuación sobre el receptor

- Modificación de horario.
- Cabinas para el personal insonorizadas
- Cuando las medidas anteriores no han sido eficaces, se puede recurrir a la protección individual utilizando protectores auditivos, bien sean de tipo tapón, de orejera, etc.

CAPÍTULO 10: VIBRACIONES

Desde un punto de vista higiénico las vibraciones comprenden todo movimiento transmitido al cuerpo humano por estructuras sólidas capaz de producir un efecto nocivo o cualquier tipo de molestia. El fenómeno se caracteriza por la amplitud del desplazamiento de las partículas, su velocidad y su aceleración.

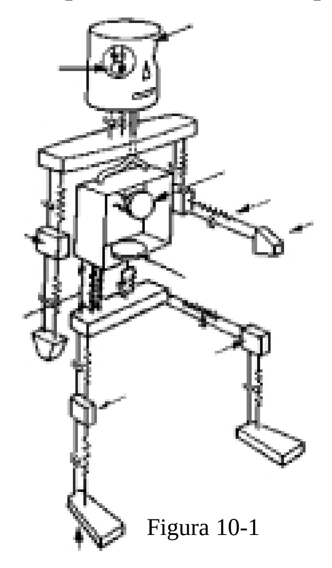


Figura 10-1

Frecuentemente se asocia la exposición a las vibraciones con la exposición al ruido en los procesos industriales ya que por lo general ambos se originan en la misma operación y se trata de desplazamientos oscilatorios dentro del campo de las frecuencias infrasonoras y parcialmente sonoras. Sin embargo los efectos que se producen a raíz de una exposición al ruido y a las vibraciones son completamente diferentes en su naturaleza.

Las causas comunes de la vibración son debidas a partes de máquinas desequilibradas en movimiento, flujos turbulentos de fluidos, golpes de objetos, impulsos, choques, etc. Se presenta en la mayoría de las máquinas y herramientas utilizadas por los trabajadores (vehículos de transporte por carretera, maquinaria agrícola o de obras públicas, herramientas manuales, carretillas elevadoras, máquinas neumáticas, etc.).

En general la vibración es un fenómeno físico no deseable, aunque en ocasiones se produce para hacer funcionar un dispositivo (martillos mecánicos, cintas transportadoras vibratorias, tamices vibradores, etc.) y en esos casos el ruido resultante es inevitable, debiendo procederse al aislamiento necesario.

GENERALIDADES

Se dice que un cuerpo vibra cuando sus partículas se hallan imbuidas de un movimiento oscilatorio, respecto de una población de equilibrio, o referencia.

Estas oscilaciones pueden clasificarse según:

1. La parte del cuerpo a la que afecten, en:

Vibraciones globales (afectan al cuerpo en su totalidad).
Vibraciones parciales (afectan a subsistemas del cuerpo, las más conocidas son las vibraciones mano-brazo).

2. Sus características físicas, en :

Vibraciones libres, periódicas, o sinusoidales, cuando no existen fuerzas externas que modifiquen la amplitud de las sucesivas ondas.
Vibraciones no periódicas (choques).
Vibraciones aleatorias, donde sí actúan dichas fuerzas.

3. Su origen, en:

Vibraciones producidas en procesos de transformación. Las interacciones producidas entre las piezas de la maquinaria y los elementos que van a ser transformados, generan choques repetidos que se traducen en vibraciones de materiales y estructuras, cuya transmisión se efectuará bien directamente, bien mediante medios de propagación adecuados. Como ejemplos más frecuentes, pueden citarse las originadas en prensas, tronzadoras, martillos neumáticos (figura 10-2), y algunas herramientas manuales.

Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales, y, dentro de este grupo, las producidas como consecuencia de fuerzas alternativas no equilibradas (motores, alternadores, útiles percutores, u otras herramientas) y las que provienen de irregularidades del terreno sobre el que circulan los medios de transporte.

Vibraciones debidas a fallos de la maquinaria, pudiendo diferenciarse: fallos de concepción , fallos de utilización, fallos de funcionamiento, o fallos de mantenimiento; en cualquier caso, generadores de fuerzas dinámicas, susceptibles de generar vibraciones. Los más frecuentes se producen por tolerancias de fabricación, desgaste de superficies, excentricidades, desequilibrio de elementos giratorios, cojinetes defectuosos, etc.

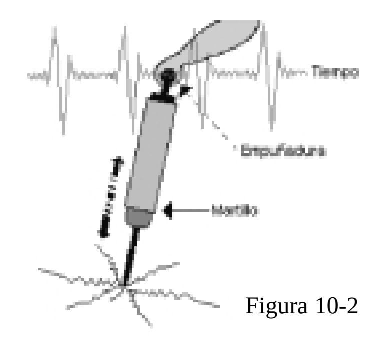
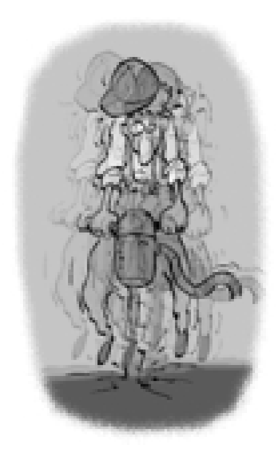


Figura 10-2

Vibraciones de origen natural, se producen de forma aleatoria, ya que dependen de fenómenos naturales, difícilmente previsibles (viento, tormentas, seísmos), y de compleja valoración, respecto a su efecto sobre el organismo. Por otro lado, su acción se circunscribe a los puestos de trabajo que se desarrollen al aire libre.

EFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL ORGANISMO

El hombre percibe vibraciones en una gama de frecuencias que va desde una fracción de hertzios (Hz) hasta 1.000 Hz. Cuando se considera la influencia de las vibraciones en el organismo se examinan los casos de vibración del cuerpo total o vibración segmental, en el caso en que solamente esté expuesta una parte del cuerpo.


Figura 10-3

Las vibraciones de muy baja frecuencia estimulan el laberinto del oído izquierdo, provocan trastornos del sistema nervioso central y pueden producir mareos y vómitos.

Las vibraciones de baja frecuencia, entre 1 y 20 hertzios pueden producir lumbalgias, hernias, pinzamientos discales, etc. También pueden producir diversos síntomas neurológicos, dificultad del equilibrio, trastornos de visión, etc.

Las vibraciones de alta frecuencia, entre 20 y 1.000 hertzios producen trastornos osteo-articulares objetivables radiologicamente como: artrosis de codo, lesiones de muñeca, afecciones angioneuróticas de la mano.

El cuerpo es un sistema biológico y físico muy complejo. Si se asimila a un modelo mecánico, es un compendio de elementos lineales y no lineales, diferentes para cada persona. Biológicamente, y fisiológicamente, no es más simple que el modelo anterior .

Los factores determinantes de los efectos producidos por la acción de las vibraciones sobre el organismo , son:

Zona afectada del cuerpo (totalidad , o parte): Las mejores estudiadas son las que afectan al cuerpo entero, y las que afectan al subsistema mano-brazo, para las que se han establecido criterios de valoración propios (Norma Básica de Vibraciones, Normas ISO, Normas AFNOR, etc.)

La sintomatología producida sobre el cuerpo entero es muy diversa , y va a depender de muchos otros factores, que se describirán más adelante. Cuando su acción se dirige al subsistema mano-brazo, aparece una sintomatología específica, conocida como "síndrome de Raynaud", o "síndrome de los dedos blancos", caracterizada por la aparición de hormigueo, entumecimiento, emblanquecimiento, y sobrerreacciones al frío, en las falanges distales de los dedos afectados.

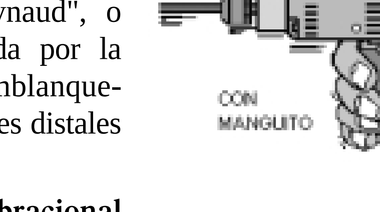


Figura 10-4

Características físicas del entorno vibracional (dirección, frecuencia y amplitud): En general, el coeficiente de absorción de las vibraciónes para el cuerpo humano es inversamente proporcional a la frecuencia; por ello, esta última será uno de los factores determinantes de la acción de las vibraciones sobre el cuerpo humano, así como de la zona que va a ser afectada. Cuando se trata de un efecto global, las frecuencias predominantes se encontrarán en un rango entre 3 y 6 ciclos por segundo (hertzios), y 10 y 14 hertzios, según su posición, sentado o de pie. Para el subsistema cabeza-hombro, la frecuencia de resonancia se halla entre los 20 y 30 hertzios, y para cráneo-mandíbula , entre los 100-200 hertzios.

Las frecuencias que van a afectar al organismo se hallan entre muy bajos valores (menores de 1Hz), y los 1.000 Hz, aproximadamente. Atendiendo a esta característica física, y según sus efectos sobre la totalidad del cuerpo pueden distinguirse dos grupos de vibraciones:

De muy bajas frecuencias (inferiores a 1 hertzio). Cuyo mecanismo de acción se centra en las variaciones de aceleración provocadas en el aparato vestibular del oído, originando, fundamentalmente, alteraciones del sentido del equilibrio (mareos, náuseas, vómitos), frecuentes en los medios de transporte sometidos a oscilaciones angulares.

De bajas y medias frecuencias (de hertzios a decenas de hertzios). Que centrarán su acción sobre: la columna vertebral (lumbalgias, dolores cervicales, agravación de lesiones raquídeas ya existentes, a lo que pueden contribuir los vicios posturales), aparato digestivo (hemorroides, diarreas, dolores abdominales), visión (disminución de la agudeza visual), función respiratoria, y, ocasionalmente, función cardiovascular, llegando a inhibir los reflejos que intervienen en el control de los movimientos, degradando el buen funcionamiento de la motricidad del individuo afectado .

Tiempo de exposición y su reparto: Distinguiremos exposiciones breves, y de larga duración. Estas, a su vez, pueden ser contínuas o intermitentes.

Las exposiciones prolongadas suelen afectar a la región lumbar de la columna vertebral.

Las de corta duración, observadas durante o después de una jornada de trabajo, suelen dirigir su acción sobre el sistema nervioso central, causando estados de fatiga, dolores de cabeza, insomnio, y otros síntomas inespecíficos de la exposición a vibraciones.

Naturaleza de la actividad industrial y de la posición del individuo: En cuanto a la posición del individuo, se sabe que la tolerancia frente a las vibraciones es menor en un sujeto sentado que en otro que se halle de pie, como así lo reflejan los criterios de valoración.

FRECUENCIA DE LA VIBRACION	MAQUINAS HERRAMIENTAS QUE LA ORIGINAN	EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Muy Baja Frecuencia 1 Hz	**Transporte:** Avión, coche, barco, tren (movimiento de balanceo)	• Estimulan el laberinto del oído izquierdo • Provocan trastornos en el sistema nervioso central • Pueden producir mareos y vómitos (mal de los transportes)
Baja Frecuencia 1 - 20 Hz	• Vehículos de transporte para pasajeros y/o mercancías • Vehículos industriales, carretillas, etc. • Tractores y maquinaria agrícola • Maquinaria y vehículos de obras públicas	• Lumbagias, hernias, pinzamientos discales, lumbociáticas • Agravan lesiones raquídeas menores e inciden sobre trastornos debidos a malas posturas • Síntomas neurológicos: Variación del ritmo cerebral, dificultad del equilibrio. • Trastornos de visión por resonancia
Alta Frecuencia 20 - 1000 Hz	• Herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras tales como Ejs.: pulidoras, lijadoras, motosierras y/o martillo neumático	• Trastornos ósteo-articulares objetivables radiológicamente tales como: 1. Artrosis hiperostosante de codo 2. Lesiones de muñeca • Aumento de la incidencia de enfermedades de estómago • Afecciones angioneuróticas de la mano tales como calambres.

Tabla 10-1: EFECTOS PERJUDICIALES DE LAS VIBRACIONES EN EL HOMBRE

Vibraciones mano-brazo

Las vibraciones mecánicas que entran en el cuerpo a través de las manos se denominan vibraciones transmitidas a la mano o vibraciones mano-brazo (VMB). En el ámbito laboral, los procesos y herramientas que exponen las manos del trabajador a las VMB están ampliamente extendidos, alcanzando a un 3,6 % de la población laboral de los países europeos.

Efectos de la exposición

La exposición de dedos, manos y brazos a dichas vibraciones se asocia a una serie de trastornos. El término "**Síndrome de la Vibración Mano-Brazo**" se refiere a un grupo de signos y síntomas que pueden catalogarse en:

Trastornos vasculares: Incluyen cualquier alteración circulatoria que, a menudo, se identifica con palidez intermitente de los dedos. Se utilizan varios sinónimos para describir los trastornos vasculares inducidos por la vibración: dedo blanco, enfermedad vasoespástica y, más actualmente, dedo blanco inducido por vibraciones.

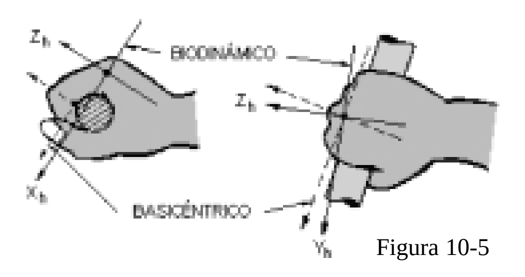


Figura 10-5

Existen pruebas de que el uso de herramientas que tienen una vibración dominante en el rango de 25 a 250 Hz produce con más frecuencia DBV que las que la tienen fuera de ese rango.

Trastornos neurológicos: Los trabajadores expuestos a vibraciones pueden presentar un aumento de los umbrales táctil y térmico así como un empeoramiento de la destreza manual. Algunas veces, los trabajadores muestran signos de neuropatias por compresión, tal como el "síndrome del túnel carpiano", un trastorno debido a la compresión del nervio mediano a su paso por el túnel anatómico de la muñeca.

Trastornos musculoesqueléticos: La mayor presencia de trastornos del esqueleto en trabajadores que manejan herramientas percutoras puede ser explicada por el esfuerzo físico y el agarre con fuerza que realizan, además de la conjugación con otros factores biomecánicos.

Los signos y síntomas incluyen dolor local, hinchazón y rigidez en varias zonas de los miembros superiores que pueden estar asociadas con degeneración de huesos y articulaciones.

Otros trastornos: Algunos estudios indican una pérdida auditiva en los trabajadores expuestos mayor de lo que se cabria esperar en función de la edad y de la exposición al ruido.

Se han observado, además, otros signos y síntomas como fatiga persistente, dolor de cabeza, irritabilidad, trastornos del sueño, etc.

Vibraciones de cuerpo completo

Se define vibración de cuerpo completo (VCC) a la vibración que ocurre cuando una gran parte del peso del cuerpo humano descansa en una superficie vibrante. En la mayoría de los casos se produce en posición sentado (transmitiéndose la vibración a través del asiento o respaldo), de pie o en posición yacente. Según la estimación realizada en varios países europeos, entre un 4 y un 7 % de los trabajadores están expuestos a VCC.

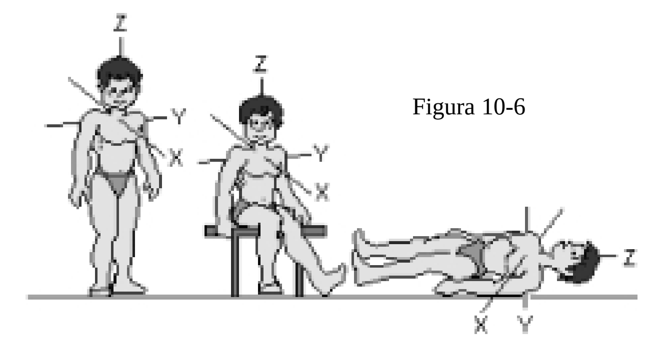


Figura 10-6

Efectos de la exposición a VCC:

Dolor y alteraciones en la espalda: Una exposición prolongada a VCC está fuertemente, asociada con problemas en la espalda, centrándose la mayoría de las investigaciones en la parte lumbar del sistema musculoesquelético.

Diversos estudios muestran que la combinación de postura sentado con una exposición a VCC puede aumentar el riesgo de daños en la columna.

Otros efectos para la salud:

– Problemas digestivos.
– Efectos sobre los órganos reproductores femeninos.
– Problemas circulatorios.
– Problemas cocleovestibulares (pérdida auditiva).

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR VIBRACIONES

Los criterios utilizados para la evaluación del riesgo se basan en la frecuencia de la vibración así como en la localización corporal. Algunas normas de evaluación son:

Para vibraciones transmitidas por todo el cuerpo, la norma ISO 2631/1978, para vibraciones que se transmiten al cuerpo entero desde la plataforma, suelo o asiento vibratorio a través de los pies o de la pelvis, es decir, de pie o sentado. Esta norma especifica los límites para las vibraciones transmitidas entre 1 y 80 Hz.

Para vibraciones transmitidas a mano-brazo, se puede utilizar el criterio de la ACGIH basado en la norma ISO 5349/1986.

Magnitudes y Unidades

Cuando el cuerpo humano está en contacto con un dispositivo mecánico que genera vibraciones, se desplaza una cierta cantidad sobre su posición estacionaria. Por lo tanto el desplazamiento podría ser un parámetro a utilizar para describir el fenómeno vibratorio. Al ser movimiento, también se podría utilizar la velocidad y la aceleración.

La ISO 2631 fija la aceleración como un parámetro fundamental para la medida de la vibración en el cuerpo humano. Las medidas tomadas en una señal de vibración las podemos expresar en:

Desplazamientos ➡ metros
Velocidad ➡ metros/segundo
Aceleración ➡ metros/seg.^{2}, O también en escala logarítmica.

Equipos y técnicas de medición

La medida de las vibraciones permite determinar las vibraciones transmitidas a los trabajadores por el uso de herramientas manuales vibrantes, conducción de vehículos industriales, etc., que pueden ocasionar daño a la salud.

Los equipos hoy en día más utilizados para la medición de las vibraciones son los acelerómetros, que pueden describirse como un transductor electromecánico adherido a la superficie vibrante que produce en sus terminales de salida un voltaje proporcional a la aceleración a que está sometida.

Con estos sistemas o equipos pueden evaluarse las señales recibidas según dos métodos: Ponderación de frecuencias y Análisis de frecuencias.

Medida de la exposición mano-brazo

La respuesta en frecuencia del acelerómetro debe ser adecuada para el rango de frecuencias comprendidas entre 5 y 150 Hz. El transductor debe ser lo más pequeño y ligero posible.

La duración de la medida debe ser suficiente para que sea representativa de la exposición. Normalmente la exposición a vibraciones se caracteriza por ciclos cortos de trabajo, pero repetidos durante una jornada de trabajo.

La medida debe promediarse sobre un periodo que sea representativo del uso normal de la herramienta.

Idealmente las medidas deben promediarse en un periodo de varios minutos de exposición. Será preciso repetir las medidas varias veces para confirmar los resultados. Las medidas que duren menos de 15 segundos serán muy imprecisas si se pretenden valorar componentes de baja frecuencia. La exposición a la vibración debe caracterizarse para que una presión de la mano y una fuerza estática sea representativa del acoplamiento de la mano a la fuente vibratoria cuando el trabajador realiza la tarea.

Medida de la vibración cuerpo completo (VCC)

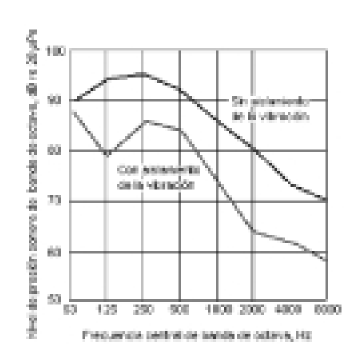
Los criterios para la medida y evaluación de la vibración del cuerpo completo siguen lo establecido en el proyecto de Norma ISO DIS 2631-1.2.

La vibración debe medirse de acuerdo con el sistema de coordenadas basicéntricas.

La duración de la medida debe ser suficiente para asegurar una precisión estadística razonable, y para asegurar que la vibración es típica de la exposición.

CONTROL DEL RIESGO DE VIBRACIONES

Las medidas de control deberán encaminarse por una triple vía: adopción de medidas técnicas preventivas, selección de personal y control médico. Entre las medidas técnicas a adoptar podemos citar como las más importantes las siguientes:



Actuación sobre los focos productores de las vibraciones mediante la vigilancia del estado de las máquinas (rozamientos, etc.)

Modificación de la frecuencia de resonancia, variando la masa o rigidez del elemento vibrante.

Utilización de materiales aislantes (soportes de caucho, resortes metálicos, etc.) y o absorbentes de las vibraciones que atenúen la transmisión de éstas al hombre.

Aislamiento del conductor de maquinaria mediante suspensión del asiento y/o de la cabina respecto al vehículo, etc…

Origen	Medidas a adoptar
Herramientas vibratorias portátiles	- Diseño ergonómico de la herramienta de manera que su peso, forma y dimensiones se adapten específicamente al trabajo. - Empleo de dispositivos antivibratorios que reduzcan la intensidad de las vibraciones creadas o transmitidas al hombre.
Maquinaria agrícola o de obras públicas	- Reducción de las vibraciones propias del vehículo estableciendo suspensiones entre las ruedas y el bastidor. - Aislamiento del conductor: · Por suspensión del asiento. · Por suspensión de la cabina respecto del vehículo.

Tabla 10-2: MEDIDAS DE CONTROL EN VIBRACIONES

Como medidas administrativas cabe destacar la formación del trabajador en el uso adecuado del equipo y la organización en el sistema de trabajo que incluye periodos sin vibraciones.

Por último, en cuanto a las medidas basadas en el control médico, resaltaremos el registro de la exposición anterior a vibraciones, así como los reconocimientos periódicos y la advertencia a los trabajadores que usen equipos vibrantes del riesgo de exposición a vibraciones de la mano y el brazo.

CAPÍTULO 11: RADIACIONES

GENERALIDADES

Aunque el término radiación nos es familiar y solemos asociarlo a las centrales nucleares, pocas son las personas que entiende claramente lo que la palabra significa. Se empezará pues a aclarar esta cuestión.

La experiencia de nuestra vida diaria nos enseña que, cuando aportamos energía a un objeto, éste emite a continuación la energía recibida, pero esta emisión puede realizarse en forma de otra energía distinta a la que hemos comunicado al objeto. Veamos algunos ejemplos conocidos.

Un caso muy simple de este tipo de fenómenos es el que podemos ver cuando arrojamos una piedra en la superficie tranquila de un estanque. Inmediatamente observamos que se forman unas ondas circulares que se van alejando del punto en que ha caído la piedra. La energía de la piedra (energía mecánica) es emitida en forma de vibraciones del agua (energía también mecánica) que van extendiendo por la superficie del estanque.

Otro ejemplo algo más complicado. Cuando se golpea reiteradamente una plancha de hierro con un martillo la energía mecánica que los objetos transmiten al hierro es devuelta, es decir emitida, de dos formas distintas. Primero, la plancha vibra (energía mecánica) y esta vibración se transmite al aire, que vibra a su vez y transmite su vibración a nuestro oído; así oímos el ruido que se produce. Además, la plancha se calienta y transmite ese calor (energía térmica) al aire que rodea.



Figura 11-1

Un tercer ejemplo de la vida cotidiana. Cuando conectamos una bombilla, ésta emite luz y, al mismo tiempo, se calienta. La energía eléctrica recibida se transforma en parte en energía luminosa y en parte en energía térmica.

Así pues, nuestra experiencia diaria nos confirma que, cuando se aporta energía a un objeto, éste la devuelve, al menos parcialmente, emitiendo a continuación energía de una o varias formas distintas.

Las **radiaciones** son una de las muchas formas en las que los objetos nos devuelven la energía que les hemos comunicado o que, a veces, tienen acumulada de forma natural.

La radiación que nos es más familiar es la luz. También nos resultan conocidas, aunque no podamos verlas, otras muchas radiaciones: las ondas emitidas por las antenas

de radio y televisión las microondas utilizadas en los hornos domésticos e industriales y en los sistemas de radar, los rayos X mediante los que se nos hacen radiografías.

Antes de continuar será preciso recordar unas cuestiones básicas. Todo material está constituido por **átomos,** la parte más pequeña que conserva las propiedades químicas de un elemento. A su vez, el átomo está dividido en dos partes: una exterior o corteza donde se sitúan los electrones (de carga eléctrica negativa) y otro central o núcleo, formada por protones (de carga positiva) y neutrones (sin carga), alrededor de la que giran los electrones.

El átomo en su conjunto es eléctricamente neutro. Por otro lado los electrones no giran alrededor del núcleo en órbitas de radio arbitrario, sino que solo existen ciertas órbitas permitidas en las que el movimiento electrónico resulta estable. Estos niveles o capas en que se agrupan los electrones se designan con las letras K, L, M, N, O, P y Q, en el orden de menor a mayor distancia del núcleo.

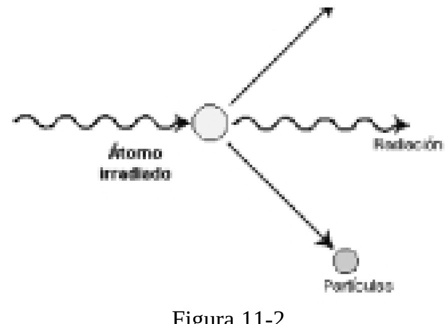


Figura 11-2

Los electrones se encuentran ligados en sus órbitas en estado de energía negativa, lo que se traduce en que para arrancar un electrón de un átomo se requiere aportar la llamada energía de enlace, con lo cual se separa, por una parte del electrón, quedando el resto atómico, que por su carga se denomina **ión positivo.** En ciertos casos, los átomos neutros tienden a captar electrones, formándose así los llamados **iones negativos.**

Aunque los electrones en el átomo permanecen usualmente en las órbitas más próximas al núcleo, mediante aporte de energía, los átomos pueden **excitarse,** esto es, desplazar los electrones a órbitas más externas, sin llegar a formar iones. Un átomo excitado resulta enérgicamente inestable y el electrón perturbado retornará en un tiempo normalmente muy corto a su órbita estable, emitiendo entonces energía en forma de **radiación electromagnética.**

Los electrones situados en la órbita más externa, llamadados **electrones de valencia;** desempeñan un papel **esencial en la unión de átomos** para formar **moléculas.** Esta capacidad de formación de compuestos se basa en que la reactividad química de los átomos (avidez de formación de moléculas) depende del número de electrones de valencia, siendo mínima cuando la capa más externa tiene configuración de gas noble, es decir, contiene 8 electrones (ó 2 en el caso particular de la capa K).

Veamos este concepto aplicado en un ejemplo, el caso del agua de fórmula H_20. El oxigeno tiene en su capa L 6 electrones, por lo que necesitará 2 más para alcanzar el número estable de 8. El hidrógeno tiene un único electrón y necesita otro más para alcanzar la máxima estabilidad. Esta posibilidad se logra compartiendo electrones ambos tipos de átomos, con uno de H y dos de 0. Al compartir dos electrones, ambos elementos se quedan con estructura externa de gas noble, lo que le confiere al compuesto (el agua) una gran estabilidad.

En los elementos menos pesados, los núcleos de los átomos estables contienen aproximadamente el mismo número de protones que de neutrones (número másico = n° protones + n° neutrones). De igual forma, en el átomo estable, el número de electrones es igual al número de protones. Al número de protones de un átomo se le denomina número atómico. Los átomos caracterizados por su número atómico y el másico se denominan **nucleidos.** Los nucleidos con el mismo número de protones pero diferente número de neutrones reciben el nombre de **isótopos.**

Todos los isótopos de un elemento particular tienen casi idénticas propiedades químicas. Algunos nucleidos son **radiactivos,** es decir que sus átomos eventualmente, sufren una desintegración espontánea, con la correspondiente emisión de radiación.

El espectro electromagnético. Campos estaticos. Radiaciones de ELF.

Las **radiaciones electromagnéticas** son una forma de energía cuya propagación no precisa de un soporte material, sino que pueden avanzar en el vacío a la velocidad de la luz. La fuente natural de radiación electromagnética más importante para la vida es el sol. También el ser humano emite radiaciones electromagnéticas al disipar calor por radiación, el tipo de radiación que emite se encuentra en la banda del infrarrojo.

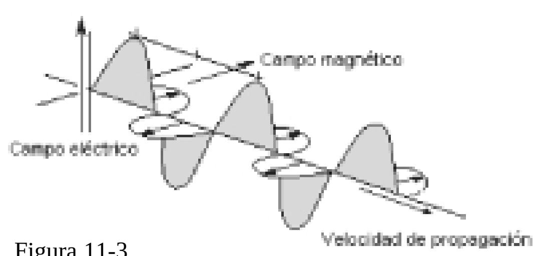


Figura 11-3

Una radiación está compuesta por ondas electromagnéticas que se forman por la existencia simultánea de un campo magnético "H" y un campo eléctrico "E", perpendiculares entre sí y perpendiculares ambos a la dirección de propagación de la onda. En las ondas, el campo magnético inicial, que varía con el tiempo, genera un campo eléctrico, que también varía con el tiempo, este campo eléctrico genera otro campo magnético similar al inicial. A medida que ese proceso se repite, la energía se propaga a la velocidad de la luz.

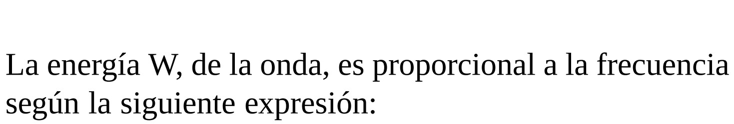


Figura 11-4

Así pues, las intensidades de los campos eléctricos y magnéticos varían sinusoidalmente, con una frecuencia (f), característica de la onda. El ciclo de estas variaciones se repite cada cierto tiempo (T), que es el período de la onda. La longitud de un ciclo se denomina longitud de onda (l). Estas variables se relacionan entre sí de la siguiente forma:

$$I = c/f$$
$$T = I/f$$

C = la velocidad de la onda en el medio en que se propaga.



La energía W, de la onda, es proporcional a la frecuencia según la siguiente expresión:

$$W = h \times f$$

h = la constante de Planck que vale $6{,}63 \times 10^{-34}$ Julios por segundo.

Se considera que la energía necesaria para alterar estructuras moleculares (ionización) es 1'986x10^{-18} julios, por lo que las ondas electromagneticas que no poseen esa energía, suficiente para ionizar (no ionizantes), son aquellas cuya frecuencia es menor de 2'996x10^{15} hercios.

La magnitud utilizada para conocer la importancia cuantitativa de la radiación es la densidad de potencia de la onda o irradiancia "S".

Cuando se tratan los campos eléctrico y magnético por separado, se utilizan la intensidad de campo eléctrico "E" y la intensidad de campo magnético "H". Para campos magnéticos, sobre todos generados por ondas de extremadamente baja frecuencia (ELF), el parámetro utilizado frecuentemente es la densidad del campo magnético "B".

La relación entre B y H, es tal que la 1 tesla = 7'96 A7m. Se emplea frecuentemente el gauss (G) como unidad de densidad de flujo magnético, siendo 1 tesla = 10^4 gauss.

Técnicamente se conocer a las radiaciones electromagnéticas con diferentes nombres según su frecuencia o longitud de onda.

Las radiaciones por tanto, son fenómenos físicos consistentes en la emisión, ropagación y absorción de energía por parte de la materia, tanto en forma de ondas (radiaciones sonoras o electromagnéticas) como de partículas subatómicas (corpusculares). Las radiaciones electromagnéticas vienen caracterizadas por:

Figura 11-5

Frecuencia (ϑ), número de ondas que pasan por un punto del espacio en la unidad de tiempo; se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo.

Longitud de onda (λ), distancia medida a lo largo de la línea de propagación entre dos puntos en fase de ondas adyacentes; se mide en unidad de longitud desde nm a Km.

Energía (E), proporcional a la frecuencia; se mide en energía por fotón y su unidad es el eV.

Tipo de radiación		Frecuencia	Longitud onda	Energía/ fotón
Ionizante		> 3.000 THz	< 100 nm	> 12,40 eV
No Ionizante	Ultravioleta (UV)	3.000 – 750 THz	100 – 400 nm	12,40 – 3,10 eV
	Visible	750 – 385 THz	400 – 780 nm	3,10 – 1,59 eV
	Infrarrojo (IR)	385 – 0,3 THz	0,78 – 1.000 µm	1.590 – 1,24 meV
	Microondas (MO)	300 – 0,3 GHz	1 – 1.000 mm	1.240 – 1,24 µeV
	Radiofrecuencias (RF)	300 – 0,1 MHz	1 – 3.000 m	1.240 – 0,41 neV
	Extrem. bajas frecuencias (ELF)	300 Hz – 0	≈ 5.000 km	
	Ultrasonidos	> 20 KHz	< 17 mm	

Tabla 11-1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

TIPOS DE RADIACIONES

Las radiaciones pueden ser no ionizantes o ionizantes, siendo estas últimas las que tienen capacidad o energía suficiente para expulsar a los electrones de la órbita atómica, alterando los átomos y moléculas de la materia.

Radiaciones no ionizantes

Radiación no ionizante (RNI) es un término de amplio significado que se utiliza para denominar a todas las radiaciones que, al interaccionar con la materia biológica no poseen suficiente energía para provocar una ionización, englobando a las radiaciones ultravioletas, visible, infrarroja, láser, microondas y radiofrecuencias.

Se suele incluir en las RNI a los ultrasonidos debido a que, desde el punto de vista de la prevención, los riesgos planteados por las vibraciones acústicas no audibles son muy similares a los de las RNI debido a su naturaleza ondulatoria y baja frecuencia.

En los últimos años se ha incrementado considerablemente la población trabajadora expuesta a las RNI: cada vez es mayor la utilización de lámparas UV de alta intensidad, con fines germicidas o cosméticos, en arcos de soldadura abiertos, etc…, pero el grupo de riesgo más numeroso lo componen los trabajadores al aire libre que están expuestos a la luz solar durante gran parte de la jornada laboral; los órganos dañados son los ojos y la piel, y puede desarrollarse un cáncer de piel con el paso de los años.

La radiación infrarroja (IR) se utiliza en muchas industrias como fuente directa de calor, siendo afectados por ella los trabajadores de hornos, fundiciones, etc. Un ejemplo clásico son las cataratas del soplador de vidrio, producidas por exposiciones prolongadas a radiación IR.

Las radiaciones de microondas y radiofrecuencia son las menos conocidas por el hombre. Al riesgo procedente de su posibilidad de penetración en el cuerpo humano se une la dificultad de controlarlas, ya que la contaminación electromagnética se distribuye por todo el ambiente.

Los ultrasonidos se usan cada vez con más frecuencia en operaciones tales como control de soldadura, limpieza de piezas, etc.; sus efectos sobre el organismo humano son poco conocidos, yendo desde dolores de cabeza, calentamientos locales a cambios de tipo psicológico.

La legislación que regula el uso de las RNI es muy escasa; sin embargo se dispone de recomendaciones de valores límite umbral (TLV´s) establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales (ACGIH) para láseres, ultravioleta, microondas/radiofrecuencias y ultrasonidos, y hay también intentos para establecer un TLV para radiación visible e infrarroja, que fijan los límites de exposición para la evaluación de los puestos de trabajo.

Radiaciones microondas y radiofrecuencias

El gran desarrollo en los últimos años de los sistemas de comunicación ha dado lugar a la contaminación electromagnética debida a las radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones artificiales, en el caso de que alcancen altas potencias pueden ser peligrosas en determinadas circunstancias. Las microondas tienen dos aplicaciones fundamentales: como fuente de calor y como transporte de información.

a) Como fuente de calor

Hornos de microondas domésticos
Secaderos de patatas fritas
Secado de papel
Secado de chapas de madera
Cocción de pollos
Pasteurización
Cerámica, Etc.

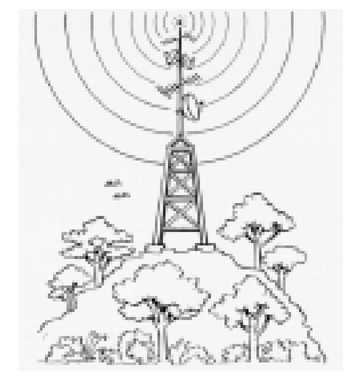


Figura 11-6

b) Como transporte de información

Radio
Teléfono
Televisión
detectores de radar, Etc.

En cuanto a los estudios existentes sobre la población trabajadora expuesta a MO y RF no se dispone de datos, no pudiendo establecerse una relación causal entre las condiciones y grados de exposición y los efectos biológicos observados. Falta todavía mucha información.

Existe no obstante en EEUU normas de protección contra MO y un plan de protección contra RF. En todo caso debe consultarse con un especialista los límites para los campos eléctricos y magnéticos admisibles teniendo en cuenta la frecuencia de las radiaciones y la densidad de potencia recibida.

Radiaciones infrarrojas

Las fuentes de exposición directa a RI pueden estar en muchas industrias, ya que la radiación proviene no sólo de los cuerpos incandescentes sino también de las superficies muy calientes: es el caso de los trabajos con metales en caliente, fabricación de vidrio, fotograbado, secado de pinturas y esmaltes y soldadura entre otros.

La RI no reacciona fotoquímicamente con la materia viva debido a su bajo nivel de energía. Las lesiones que ocasionan suelen ser de naturaleza térmica y afectan a la piel y ojos.

a) Ojos: Existen unos mecanismos de protección naturales como son el parpadeo y reflejo pupilar, de gran eficacia ya que la radiación infrarroja se acompaña generalmente de intensa radiación visible.

De todas maneras se pueden producir lesiones y opacidades en el cristalino (cataratas) y en ocasiones lesiones en retina.

b) Piel: Se produciría un calentamiento superficial y el riesgo de que se supere la capacidad de termorregulación del organismo, como ocurre en ciertos trabajos (fundiciones, hornos).

En general las lesiones, capilares, en terminaciones nerviosas, en piel, etc. vendrán condicionadas por diversidad de factores como características individuales, condiciones ambientales de temperatura, humedad, velocidad del aire, área corporal expuesta, protección mediante ropa, etc.

Radiaciones ultravioletas

Las fuentes de radiación ultravioleta se dividen en dos tipos: de baja intensidad (lámparas de vapor de mercurio de baja presión, tubos fluorescentes, lámparas de descarga, llamas de corte) y de alta intensidad (lámparas de vapor de mercurio de alta presión, arcos de cuarzo y mercurio, antorcha de plasma, arcos de carbono, arco de soldadura eléctrica, etc.).

La exposición ocupacional a radiación ultravioleta es muy amplia ya que sus usos industriales son muy variados, entre ellos:

– Lámparas germicidas para esterilización y mantenimiento de material quirúrgico.
– Lámparas de fototerapia y solares, utilizadas en dermatología, odontología, bronceado con fines estéticos, etc.
– Arcos de soldadura y corte y arco eléctrico en procesos de metalizado.
– Arco eléctrico en hornos de fundición
– Fotocopiadoras de oficinas y artes gráficas
– Reflectores de alta intensidad, de usos militares y en espectáculos, que utilizan el arco de carbono, emisor de niveles peligrosos de UV
– Procesado químico de la superficie de algunos materiales, etc.

Efectos de las radiaciones ultravioleta sobre el hombre

Como consecuencia de su limitada penetración, los efectos de las radiaciones ultravioleta sobre el hombre están restringidos a piel y ojos. Los efectos agudos pueden ser:

a) Piel

– Oscurecimiento, bronceado de la piel
– Eritema: pueden llegar a producirse edemas y ampollas
– Interferencias con el crecimiento celular de la piel: de forma casi inmediata a la exposición, 24 horas, cesa el crecimiento de algunas células basales y epidérmicas produciéndose a continuación un aumento de la tasa de crecimiento,

Tipo de radiación	Interacción físico-química	Efecto biológico
Ionizante	Ionización de la materia	
Ultravioleta	Rotacional-vibracional – cambios configuración electrónica	Térmico – Fotoquímico
Luz visible	Rotacional-vibracional – cambios configuración electrónica	Térmico – Fotoquímico
Infrarrojos	Rotacional-vibracional	Térmico
Microondas	Rotacional	Térmico
Radiofrecuencias	Rotacional	Térmico

Tabla 11-2: CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS TIPOS DE RNI

máxima a las 72 horas, que ocasiona trastornos celulares (hiperplasia epidérmica de cinco a seis días de duración).

Se han constatado también procesos de fotosensibilización química, fotoalergias, e incluso efectos crónicos: Carcinoma basocelular, melanoma, etc.

No se ha podido establecer cuantitativamente la relación dosis/respuesta. Se puede concluir de ellos que no deberían producirse exposiciones innecesarias a radiaciones UV y en el caso de una exposición profesional, la exposición debería realizarse con las precauciones necesarias.

b) Ojos

La mayoría de las radiaciones UV son absorbidas por la córnea y regiones adyacentes (esclerótica y conjuntiva). El cuadro clínico más común es la fotoqueratitis o fotoqueratoconjuntivitis.

Aparece de dos a 24 horas de la exposición, dolorosa, se acompaña de lagrimeo, fotofobia; el pronóstico es benigno y no suele dejar lesiones residuales.

El grado de la lesión es función del total de energía absorbida y de la duración de la exposición.

Se han descrito también otras lesiones en el cristalino e incluso existen algunas evidencias de daños en retina.

Protección y control de las radiaciones infrarrojas y ultravioleta

Los medios de protección serán:

1.– Actuar sobre la fuente. Puede hacerse mediante:

Diseño adecuado de la instalación

– Cerramientos (cabinas y cortinas)
– Pantallas y atenuadores.
– Aumento de la distancia.

2.– Actuar sobre el ambiente que rodea a la fuente, por medio de:

Recubrimiento antireflectante de las paredes

– Señalización
– Limitando el acceso a personas autorizadas
– Ventilación adecuada para UV de longitud de onda corta, ya que se desprende ozono.
– Limitando el tiempo de exposición.

3.– Actuar sobre las personas

– Utilizando protecciones oculares.
– Utilizando protecciones de la piel. Hay que advertir que la ropa de fibras artificiales no protege o protege parcialmente de las radiaciones UV, puesto que las absorbe. Puede ser origen de quemaduras por lo que deben utilizarse prendas de lino o algodón.
– Informando a los trabajadores de los riesgos de una exposición excesiva a radiaciones ópticas y las precauciones a adoptar.

Aunque cada vez la extensión en el uso de las radiaciones UV es mayor, las diferentes instituciones dedicadas a su estudio recomiendan "evitar cualquier exposición innecesaria aún con los ojos y la piel cubiertos".

Laser

Los láseres son sistemas que emiten radiación electromagnética en una estrecha banda de longitud de onda (monocromatismo), correspondiente a las radiaciones ópticas (ultravioleta, visible o infrarrojo). Las ondas que forman la radiación láser están en fase viajan en una determinada dirección (dirección del haz), con muy poco ángulo de divergencia. Estas características de los láseres hacer posible concentrar una gran densidad de energía en las superficie deseadas.

La cantidad de energía que es capaz de transmitir un láser está en función de la potencia del láser. Tanto ésta como la longitud de onda de emisión dependen del medio activo, que es un conjunto de átomos o moléculas con determinados niveles de energía, de modo que si se excitan sus electrones con una fuente de energía externa (sistema de bombeo), emiten posteriormente una cierta cantidad de energía al volver a sus niveles originales.

Esta técnica es emitida a través de ondas electromagnética cuya longitud de onda es característica de los átomos del medio, es decir, de los elementos químicos que caracterizan al láser y que sirven para identificarlo. El monocromatismo de los láseres depende además del medio activo, de la cavidad óptica que lo contiene y del sistema de bombeo. Esto hace posible que un láser con un determinado medio activo pueda emitir en más de una longitud onda si varían, por ejemplo, las condiciones de la cavidad óptica.

La utilización es extensa, lectores de código de barras, cirugía, terapia, industria metalúrgica o aplicaciones militares.

Los riesgos para la salud debidos a la exposición a láseres dependen de la longitud de onda de la radiación óptica, de la zona del cuerpo donde incida (piel u ojos), de la potencia del láser y del tiempo que dure la exposición.

La longitud de onda fija el tipo de lesión perjudicial que puede generar el láser, según se produzca la exposición sobre la piel o ojo.

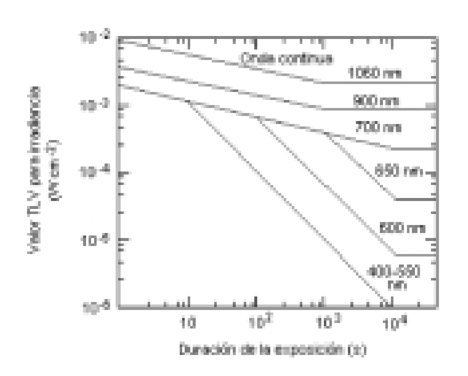


Figura 11-7: VALOR TLV PARA LA OBSERVACIÓN DEL INTERIOR DEL HAZ (DIRECTA) DEL RAYO LÁSER DE ONDA CONTINUA (400-1400NM)

La magnitud de la exposición depende de la densidad de potencia que recibe el individuo (irradiancia) y del tiempo de exposición. El nivel máximo de exposición a radiación láser al que puede estar sometido un individuo en la piel o los ojos, se denomina exposición máxima permitida (EMP).

La filosofía de prevención de riesgos por exposiciones a láseres es más acorde con los sistemas de prevención de accidentes que con los de prevención de enfermedades; esto se debe en gran parte a que se pueden producir daños reversibles o irreversibles en muy poco tiempo de exposición.

Los láseres que alcanzan la EMP en menos tiempo son los que tienen gran potencia de emisión. Debido a las diferentes características de los láseres y por tanto el diferente nivel de riesgo que conlleva su manipulación, se clasifican según establece la UNE EN 60825 de marzo de 1993.

Dicha Norma establece cinco clases de láseres, denominadas 1, 2, 3A, 3B y 4. Cada clase tiene asignado un nivel accesible de emisión máximo permitido que se denomina límite de emisión accesible (LEA). Estos niveles LEA varían según la longitud de onda y el tiempo de duración de la emisión:

– Los *láseres de Clase 1,* son intrínsecamente seguros. El valor de la EMP no puede ser sobrepasado en ningún momento.

– Los *láseres de Clase 2*, tienen poca potencia de salida y su longitud de onda está entre 400 y 700 nm, en la banda del visible. Aunque no son intrínsecamente seguros, la protección ocular se lee por reflejos de aversión, incluyendo el parpadeo.

– Los *láseres de Clase 3A,* son los que tienen una potencia máxima de salida de hasta 5mW para emisión continua o cinco veces el límite de los de clase 2 para pulsos entre 400 y 700 nm. La visión directa del haz con la ayuda de instrumentos ópticos (telescopios, binoculares, etc.) puede ser peligrosa.

– Los *láseres de Clase 3B,* de emisión continua (EC) no puede sobrepasar 0,5 W y para los láseres pulsados, la exposición radiante debe ser inferior a 10^5 J x m^{-2}.

– Los *láseres de Clase 4,* son láseres de gran potencia que superan los LEA. Son capaces de producir reflexiones difusas peligrosas (no solo es peligrosa la visión directa del haz sino también la radiación proveniente de una reflexión sobre superficies especulares o difusas).

Los láseres deben estar etiquetados con etiquetas visibles colocadas de forma que puedan leerse sin que sea necesaria la exposición humana a una radiación que exceda el LEA de la Clase 1.

El fabricante del láser es responsable de clasificar el producto y procurarle el etiquetado correspondiente, según establece la UNE EN 60825.

La misma Norma recoge las medidas preventivas operativas organizativas o individuales, que deberían incorporarse al láser en su fabricación o servicio.

Son medidas de control de la exposición, entre otras, la sala controlada que es un espacio delimitado de acceso restringido, la carcasa protectora, el control remoto de cierre y los protectores oculares, que como equipos de protección individual (EPI), debe poseer la correspondiente certificación de la UE, que garantice cumplimiento de lo dispuesto en las Normas Europeas EN-207 "Protección ocular frente a radiación láser" o EN-208 "Protección ocular para trabajos de ajuste láser". La elección de las gafas de protección debe estar en función del tipo de láser y de las condiciones de la exposición.

Radiaciones ionizantes

Las sustancias radiactivas son emisores de energía predecibles y continuos. La energía emitida puede serlo en forma de partículas alfa, partículas beta y rayos gamma. La interacción entre estas radiaciones y la materia puede, en ciertas circunstancias, dar lugar a la emisión de rayos X y neutrones.

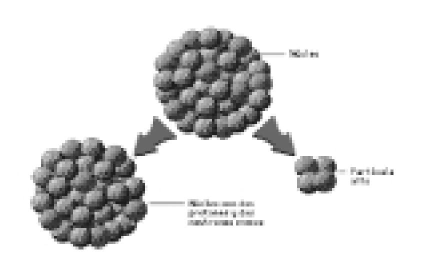


Figura 11-8

Los rayos gamma y X consisten en entidades físicas denominadas fotones que se comportan como partículas colisionando con otras partículas cuando interaccionan con la materia. Sin embargo, los fotones en grandes cantidades se comportan, en conjunto, como ondas de radio o luminosas. Cuanto más corta es su longitud de onda, más alta es la energía de cada fotón. La energía de los rayos gamma y su capacidad para penetrar la materia se debe a que sus longitudes de onda son mucho más cortas.

Los rayos X son producidos por una máquina de rayos X sólo cuando el tubo de rayos X recibe una alimentación de miles de voltios. Aunque son similares a los rayos gamma, los rayos X tienen habitualmente longitudes de onda mayores y por lo tanto portan menos energía y son menos penetrantes; (sin embargo los fotones de rayos X producidos por aceleradores pueden sobrepasar la energía de la radiación gamma y su capacidad de penetrar los materiales. Las máquinas de generar rayos X producen una cantidad de radiación generalmente cientos o miles de veces mayor que la radiación gamma emitida por una fuente radiactiva industrial típica.

Los rayos gamma provenientes del Iridio 192 tienen menos energía que los producidos por el cobalto 60. Se trata de diferencias útiles que permiten escoger entre una amplia gama de radionucleidos artificiales aquél que emite las radiaciones que más convienen para una aplicación determinada.

Las partículas beta son electrones y también pueden tener una gama diferente de energía. Por ejemplo, las partículas beta producidas por un radionucleido como el hidrógeno 3 son más lentas y por lo tanto tienen casi una centésima parte de la energía de las partículas beta de un radionucleido tal como el fósforo 32



Figura 11-9

La radiación formada por neutrones puede generarse de diversas maneras. La más común consiste en mezclar una sustancia radiactiva, tal como el americio 241 con berilio. Cuando las partículas alfa emitidas por el americio 241 colisionan con el berilio, se produce una reacción especial emitiéndose neutrones rápidos (de alta energía). El americio 241 también emite rayos gamma y de esa manera la fuente compuesta de americio 241/berilio produce neutrones y rayos gamma.

Otra manera de generar neutrones es la utilización de una máquina generadora de radiaciones con una combinación especial de alta tensión eléctrica y blancos especiales (ánodos). Las sustancias especiales situadas dentro de la máquina, combinadas con altas tensiones, pueden generar gran número de neutrones de energía sumamente alta.

Las partículas alfa en general son más lentas que las partículas beta, pero como se trata de partículas más pesadas son emitidas generalmente con una mayor energía. Las partículas alfa se usan en aplicaciones que requieren una ionización intensa en distancias cortas, tal como los eliminadores de carga estática y los detectores de humos.

RADIACIONES ONDULATORIAS	RAYOS X	◆ Se producen en reacciones o interacciones de las capas electrónicas del átomo. ◆ En las fuentes en las que normalmente se utilizan se pueden controlar su producción.
	RAYOS γ	◆ Se producen en reacciones de núcleos atómicos inestables. ◆ Su poder de penetración es muy elevado.
RADIACIONES CROPUSCULARES	PARTICULAS α	◆ Son núcleos de Helio. Poseen cuatro unidades de masa y dos unidades de carga eléctrica positiva ◆ Su poder de penetración es muy escaso.
	PARTICULAS β	◆ Son electrones nucleares expulsados a gran velocidad. Su masa es prácticamente nula y posee carga negativa. ◆ Poseen penetración escasa
	NEUTRONES	◆ Forman junto con los protones el núcleo. No tienen masa ni carga. ◆ Poseen penetración elevada.

Tabla 11-3: TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES

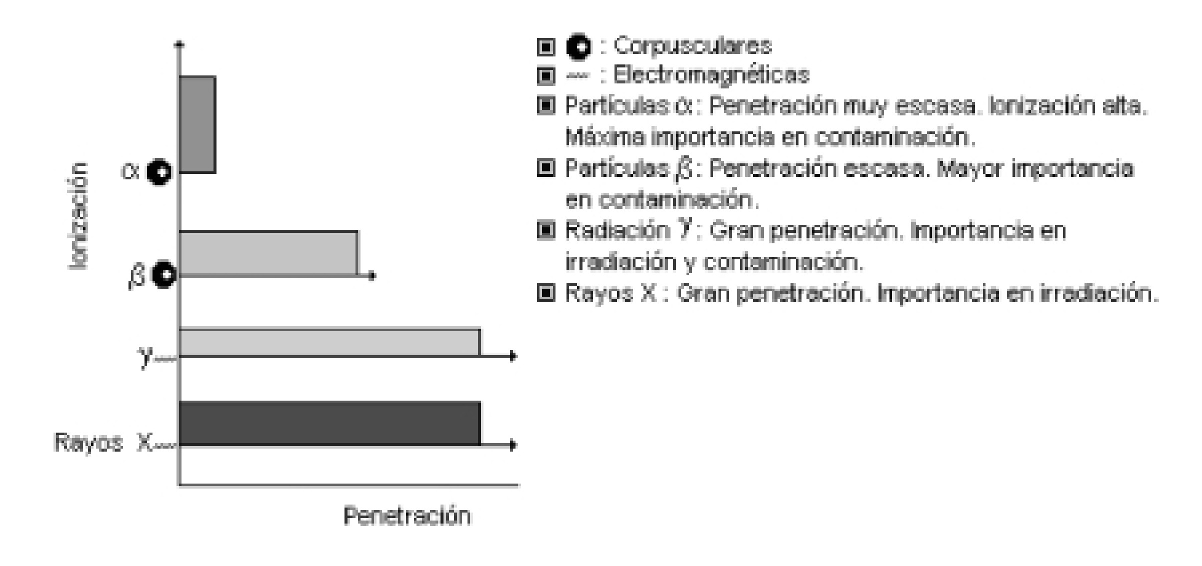


Figura 11-10

Características de las sustancias ionizantes. Medida



Figura 11-11

Para expresar la energía de estos diferentes tipos de radiaciones se utiliza una unidad llamada el electrón-voltio (eV). Un electrón voltio es la energía adquirida por un electrón acelerado mediante una tensión de un voltio. de este modo 1.000 voltios crearían un espectro de energía de hasta 1.000 eV, diez mil voltios crearían rayos X de hasta 10.000 eV, etc. En la práctica se utilizan unidades múltiplo, por ejemplo el kiloelectrón voltio (1.000 eV), el megaelectrónvoltio (1.000.000 eV), etc.

Propagación a través de la materia

Cuando la radiación se propaga a través de la materia colisiona e interacciona con los átomos y moléculas que la componen. En una sola colisión o interacción la radiación generalmente cederá solo una pequeña parte de su energía al átomo o molécula. El átomo o molécula será alterado y se convertirá en un par de iones. La radiación ionizante deja una traza formada por esos átomos y moléculas ionizados, cuyo comportamiento puede entonces modificarse.

Después de sucesivas colisiones una partícula alfa pierde toda su energía y deja de moverse, habiendo creado una traza iónica corta y densa. Esto ocurrirá en un recorrido de unos pocos centímetros en el aire, en el espesor de un trozo de papel o tela o en la capa exterior de la piel de una persona. En consecuencia los radionucleidos que emiten partículas alfa no constituyen un peligro externo.

Esto significa que las partículas alfa no pueden causar daño si el emisor alfa está fuera del cuerpo. En cambio, los emisores alfa que han sido ingeridos o inhalados representan un grave peligro interno.

Sea cual sea su energía las partículas beta pueden propagarse como máximo a unos pocos metros en el aire y a unos pocos centímetros en sustancias como un tejido o un plástico. Finalmente, a medida que pierde energía la partícula beta, se hace considerablemente más lenta y es absorbida por el medio. Los emisores beta representan un peligro interno y aquellos que emiten partículas beta de alta energía constituyen también un peligro externo.

Los átomos más pesados como los del plomo, absorben una parte mayor de energía beta en cada interacción, pero como resultado de ello los átomos producen rayos X denominados radiación de frenado. Entonces el blindaje se convierte en un emisor de rayos X por lo que se requiere aumentar el blindaje. Los materiales de peso ligero (densidad baja) son por lo tanto los blindajes más eficaces de la radiación beta, aunque se hace necesario un espesor mayor del material.

Los rayos ganma y rayos X son más penetrantes. Sin embargo, al causar ionización pueden ser eliminados del haz o perder su energía. De este modo, pierden progresivamente su capacidad de penetración y su número se reduce, vale decir, se atenúa, hasta que dejan de presentar un peligro externo grave.

Existe una manera de expresar la calidad o capacidad de penetración de los rayos gamma y X que es también un medio útil para calcular el espesor apropiado de los blindajes. El espesor hemirreductor o capa hemirreductora (CHR) es el espesor del

material que cuando se interpone en la trayectoria de la radiación la atenúa a la mitad de su valor original. El espesor que de modo similar reduce la radiación a un décimo de su valor original es la capa decimorreductora (CDR).

Los materiales que contienen átomos y moléculas pesados, tales como el acero y el plomo ofrecen los blindajes más eficaces (más delgados) para la radiación gamma y los rayos X.

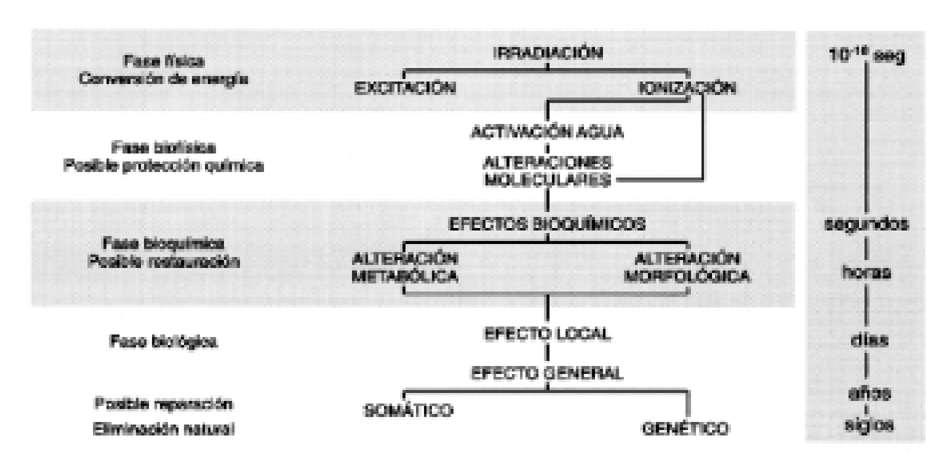


Figura 11-12: ACCIÓN BIOLÓGICA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los neutrones se comportan de manera compleja cuando se propagan a través de la materia. Al colisionar con átomos y moléculas de mucha más masa, los neutrones rápidos se dispersan (son desviados) sin perder mucha energía. Sin embargo, en una colisión entre un neutrón y un átomo o molécula de poca masa, el átomo o molécula absorbe una parte de la energía del neutrón. El átomo que menos masa tiene, el del hidrógeno, es capaz de causar la mayor reducción de energía.

Los materiales ricos en hidrógeno, tales como el agua, petróleo, polietileno, etc. constituyen por tanto los mejores blindajes neutrónicos. Existe una complicación por el hecho de que un neutrón, cuando ha perdido casi toda su energía, puede ser capturado o absorbido en su totalidad por un núcleo. A menudo el nuevo núcleo formado resulta ser un radionucleido, el cual en muchos casos puede emitir un rayo gamma de energía sumamente alta. Los blindajes especiales de hidrógeno capaces de absorber neutrones contienen una pequeña cantidad de boro que favorece la absorción de neutrones.

El daño causado a los tejidos humanos por la radiación ionizante es función de la energía cedida al tejido. Ello depende del tipo y de las energías de la radiación que se utilicen. Por lo tanto, las precauciones necesarias para trabajar con diferentes radionucleidos dependen también del tipo y de la energía de la radiación.

Control y protección



Figura 11-13

Las sustancias radiactivas pueden producirse en cualquier forma física, gaseosa, líquida o sólida. En muchas aplicaciones médicas y la mayoría de las aplicaciones industriales se utilizan fuentes en que la sustancia radiactiva se ha sellado en una cápsula metálica o ha sido encerrada entre capas de materiales no radiactivos. A menudo esas fuentes se encuentran en "forma especial", lo que significa que

se han diseñado y fabricado para resistir las pruebas más rigurosas, incluidas fuerzas de impacto especificadas, fuerzas de aplastamiento, inmersión en líquidos y tensión térmica, sin que se produzca fuga de sustancia radiactiva.

Las fuentes selladas presentan únicamente un peligro externo. A condición de que la fuente no tenga fugas, no hay riesgo de que la sustancia radiactiva sea ingerida, inhalada o se introduzca en el cuerpo de una persona de algún otro modo.

Algunas fuentes no selladas permanecen dentro del recipiente, pero la contención es intencionadamente débil de modo que permita la salida de la radiación; las sustancias radiactivas no selladas presentan peligros externos e internos

Actividad de las fuentes. Medida

La actividad de las fuentes se mide en becquerelios (Bq) e indica el número de átomos del radionucleido que se desintegra por segundo (dps). 1 becquerelio equivale a un átomo desintegrado por segundo.

Las aplicaciones industriales y médicas requieren habitualmente fuentes selladas con actividades de miles o millones de becquerelios. Una forma práctica de expresar número tan elevados es usar prefijos: el kilo (1.000), mega (1.000.000), giga (1.000.000.000) y terabecquerelio (1.000.000.000.000)

La actividad de una fuente depende del período de semidesintegración del radionucleido de que se trate. Cada radionucleido tiene su período de semidesintegración característico, que es el tiempo que tarda la actividad de la fuente en disminuir a la mitad de su valor original. Los radionucleidos con períodos de semidesintegración cortos son los escogidos generalmente para fines médicos que implican la introducción en el cuerpo por vía oral, inyección o inhalación, mientras que los de período de semidesintegración relativamente largo son a menudo útiles para aplicaciones médicas terapeúticas e industriales.

Por ejemplo el período de semidesintegración del estroncio 90 es de 28 años, el del iridio 192 de 74 días, el del radio 226 de 1620 años, el del americio 241 de 458 años, el del iodo 131 de 8 días, etc.

Cuando las sustancias radiactivas se dispersan en otros materiales o se dispersan sobre otras superficies en forma de contaminación, se utilizan las unidades de medida de Bq/ml, Bq/g, Bq/m^3 ó Bq/cm^2 para la dispersión en líquidos, sólidos, gases o superficies respectivamente.

Todavía se utiliza también la unidad antigua Curio (Ci) que se definió originalmente como la actividad de un gramo de radio 226. Un curio equivale a 37 Gbq

Medida de las radiaciones

Las radiaciones ionizantes no pueden verse, ni sentirse, ni percibirse por el cuerpo de otras maneras y, como se ha observado, el daño al tejido humano depende de la energía absorbida por el tejido como resultado de la ionización. El término utilizado para expresar la absorción de energía en una parte del cuerpo humano es la "dosis".

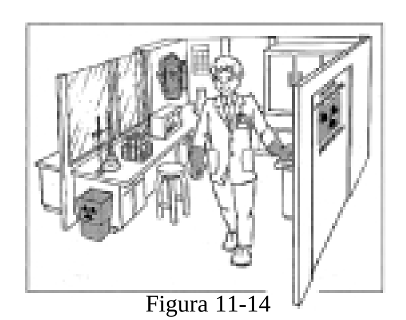


Figura 11-14

Puesto que la radiación se propaga en línea recta, en direcciones divergentes la tasa de dosis disminuye en proporción inversa al cuadrado de la distancia medida desde la fuente.

La unidad moderna de dosis es el **gray** (Gy). Sin embargo en protección radiológica práctica la unidad más utilizada es el **sievert** (Sv). En el caso de rayos X, radiación gamma y beta un sievert corresponde a un gray. Existen dispositivos de medida que dependen de la respuesta de una película o detectores de estado sólido.

Los medidores de tasa de dosis modernos se calibran generalmente para que indiquen los datos en microsievert por hora; otros instrumentos sigen utilizando el milirem por hora. Diez μSvh^{-1} equivalen a 1 mrem h^{-1}.

La radiación neutrónica sólo puede detectarse utilizando medidores de tasa de dosis especiales.

Definiciones empleadas en el campo de la radioprotección

Entre 1953 y 1962, el ICRP (International Commision on Radiological Protection) en colaboración con la ICRU (Comisión Internacional de Medidas y Unidades Radiológicas) establecieron las definiciones empleadas en el campo de la Radioprotección: Dosis absorbida. Exposición, Actividad y Dosis equivalente.

a) Dosis absorbida (D).

La dosis absorbida por una región determinada, se determina dividiendo la energía de la radiación por unidad de masa. Es diferente para cada parte del cuerpo Se expresa en **Gray** (Gy) o en **rad,** considerando que 1 Gy = 100 rad.

b) Dosis equivalente (H).

Aunque el daño producido por un tipo determinado de RI depende de la cantidad de energía transmitida, algunos tipos de partículas producen efectos mayores que otros de la misma energía. Por ejemplo, a igualdad de dosis absorbida, las particulas a dan lugar a un mayor daño que los protones, y estos, a la vez, producen más daño que las partículas β. En otras palabras, que la dosis absorbida en un tejido orgánico no determina el efecto biológico resultante, ya que intervienen otros factores como naturaleza de la radiación, su distribución por el tejido, etc. Así, el **rem** se calcula multiplicando la cantidad de rads por un denominado factor de calidad Q. El valor de Q para las partículas β y rayos X y γ es de 1 y para las partículas α de 20.100 rem = 1 **sievert** (Sv).

c) Exposición (X).

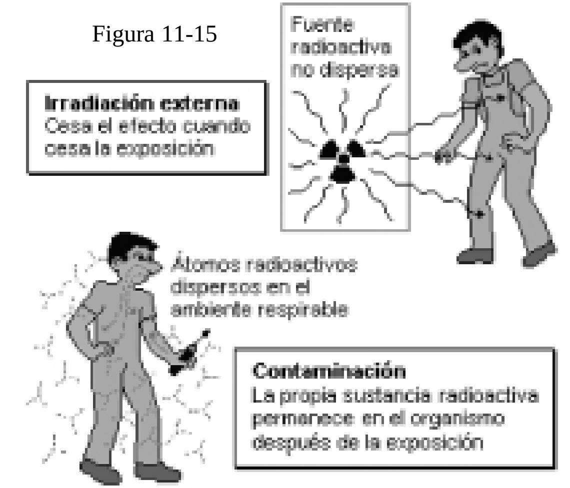
Es la medida del grado de ionización en el aire producida por rayos X y rayos γ. La Unidad de magnitud es (R) **renguenio** empleándose también el **culombio/kg.**

d) Actividad (A).

El evento básico que caracteriza un radionucleido es transformación de su núcleo en un núcleo de otra especie Esta transformación se conoce como desintegración. El número de transformaciones nucleares por unidad de tiempo se denomina actividad. La unidad es el **curio** (Ci) o el **bequerelio.** (Bq).

La dosis absorbida, la dosis equivalente y la exposición están relacionadas con la **irradiación externa,** mientras que la actividad lo está con la **contaminación** o irritación interna.

Figura 11-15



– **Irradiación externa.** Existe riesgo de irradiación cuando la persona está expuesta a una fuente de radiación dispersa, externa a la misma y no se da un contacto directo con la fuente. El riesgo en el caso de las partículas α se considera despreciable y muy bajo para las β, mientras que es muy grande para los rayos γ y los neutrones.
– **Contaminación radiactiva.** Existe el riesgo de contaminación cuando el organismo entra en contacto con la fuente, la cual puede estar dispersa en el ambiente (gases, vapores, aerosoles) o bien depositada en una superficie. Se habla de contaminación interna si la fuente penetra en el interior del organismo y de contaminación externa si solo afecta a la superficie del mismo. En el caso de las partículas a es muy grande, de grado medio en caso de las β y pequeño para los rayos γ.

La mayoría de medidores reciben electricidad de batería que debe comprobarse. Asimismo el funcionamiento correcto del instrumento puede comprobarse poniéndolo cerca de una pequeña fuente blindada; algunos instrumentos tienen una pequeña fuente de comprobación incorporada.

Es importante que los usuarios tengan conciencia del gran peligro de confiar en mediciones realizadas empleando un instrumento defectuoso.

Un dosímetro mide la dosis total acumulada en un periodo de tiempo, algunos dosímetros pueden indicar de inmediato la dosis, otros solo pueden indicar resultados después de haber sido procesados por el laboratorio.

Los usuarios de fuentes no selladas necesitarán además otro instrumento: un medidor de contaminación de superficies. Este suele ser simplemente un detector más sensible que debe utilizarse para vigilancia de posibles derrames. Al elegir un detector de este tipo lo mejor es optar por uno que tenga una buena eficiencia de detección para el radionucleido que se utilice y dé una indicación audible. El peligro de contaminación interna creado por pequeños derrames podrá entonces descubrirse y será posible mantener una zona de trabajo segura.

Medidas y detección de las radiaciones

Normalmente lo que interesa evaluar es la dosis que produce la irradiación y puede hacerse mediante :

– Dosimetrías ambientales o de área.
– Dosimetrías personales.

Dosímetros de área: Los distintos tipos de detectores utilizados en dosimetría de área son:

– Detectores de centelleo.

– Detectores de semiconductores.

– Cámaras de ionización, contadores proporcionales, Geiger Müller.

Detectores de centelleo: Están basados en la emisión de luz cuando interaccionan las radiaciones en determinadas sustancias luminiscentes, llamadas centelleadoras. La energía luminosa transformada en eléctrica es amplificada y registrada.

La elección de la sustancia centelleadora vendrá en función de las medidas que queramos realizar:

a) Para la detección de radiación electromagnética (X,γ) se emplean monocristales INa de hasta un litro de volumen que asociados a un buen fotomultiplicador, constituyen detectores con eficiencias mayores al 60 por 100.

b) Para la detección de partículas β, utilizaremos centelleadores líquidos, siendo la eficacia de detección de hasta el 100 por 100.

c) Para la medida de partículas α utilizaremos cristales de sulfuro de cinc activado con plata.

Detectores de semiconductores: Están basados en la aplicación de electrodos metálicos en las caras opuestas de un cristal semiconductor entre los que se ha establecido una diferencia de potencial.

El sistema evoluciona al paso de la radiación, como una cámara de ionización.

Son detectores con mejor resolución energética que las cámaras de ionización y mejor rendimiento para la detección de radiación γ y X.

Cámaras de ionización: Consiste en un recinto cerrado lleno de gas, que puede ser aire, en donde se encuentran dos electrodos entre los que se aplica una tensión eléctrica.

Cuando la radiación ionizante interacciona con el gas, provoca la ionización de un parte de sus átomos y por consiguiente se liberan iones positivos y electrones, con ello, el gas que primitivamente se comportaba como un aislante eléctrico, pasa a ser parcialmente conductor. Al aplicar entre los electrodos una tensión eléctrica se puede medir la corriente eléctrica que circula por la cámara y que en determinadas condiciones es proporcional a la intensidad de radiación que la atraviesa.

Las cámaras de ionización se clasifican , atendiendo a la forma de los electrodos, en planas o cilíndricas según estén dotadas de electrodos plano paralelos, o cilíndricos. La parte exterior de la cámara no debe ser muy gruesa a fin de que pueda ser atravesada por la radiación que se quiere detectar.

Las cámaras de ionización son sensibles a cualquier tipo de radiación, pero su utilización más frecuente se aplica a la detección de fotones y partículas β.

Contador proporcional: Tiene la misma característica que la cámara de ionización su diferencia consiste en aumentar la tensión de polarización. Este instrumento es capaz

de discriminar radiaciones de distinta naturaleza. Estos contadores están indicados para detección de partículas β y rayos X.

Contadores Geiger-Müller: Genera impulsos de amplitud constante con independencia de la energía cedida por la radiación incidente.

En general, estos contadores están diseñados para la detección de fotones y partículas β.

La relativa lenta velocidad de operación es el principal inconveniente del detector Geiger-Müller.

Dosímetros personales

Se utilizan tres tipos de detectores en dosímetria personal:

– Cámaras de ionización de bolsillo.

– Dosímetros de película.

– Dosímetros termoluminiscentes.

Cámaras de ionización de bolsillo: Se denominan también de pluma (por su forma). El detector es una cámara de ionización de capacidad fija, que se carga con anterioridad a la medida y que bajo la acción de la radiación pierde gradualmente su carga.

Son poco precisas, debido a las fugas y a otros posibles fallos se utilizan durante períodos muy cortos de tiempo. Además, el intervalo de exposición que pueden medir es muy limitado (del orden de 0 a 200 mR).

Dosímetros de película: Se basan en el hecho de que las emulsiones fotográficas se ennegrecen por la radiación ionizante. Comparando el ennegrecimiento de la película utilizada por un trabajador expuesto, con el de películas expuestas a cantidades de radiación conocidas, se puede determinar la exposición a la que ha estado sometida la película. Una de las ventajas del uso de dosímetros de películas es que almacenan la información permanente, de forma que las lecturas se pueden repetir.

Dosímetros termoluminiscentes: La radio-termoluminiscencia es la propiedad que poseen ciertos cristales de emitir luz al calentarlos después de haber sido expuestos a radiaciones ionizantes. La cantidad de luz es proporcional a la cantidad absorbida de la radiación. Por tanto, la intensidad de la luz emitida por los cristales termoluminiscentes es proporcional a la dosis de radiación. El instrumento se calibra midiendo la intensidad de la luz emitida por dosímetros expuestos a dosis conocidas de radiación. Tienen entre otras ventajas:

– Mayor precisión, menor umbral de detección y un intervalo útil de dosis más amplio que los dosímetros fotográficos.

Un argumento utilizado en contra de la dosimetría por termoluminiscencia es su capacidad de guardar un registro permanente. No obstante, se acepta que las lecturas registradas por un sistema dosimétrico fiable, proporcionan una documentación legal satisfactoria.

Utilización correcta de los dosímetros

Uno de los puntos básicos de un programa de vigilancia es cómo y dónde se deben llevar los dosímetros.

El dosímetro se debe colocar en la posición que será más representativa de la parte más expuesta de la superficie del tronco.

La dosis a las extremidades (especialmente manos) pueden ser algo mayores pero a menos que sea probable que estas dosis se aproximen a los tres décimos de los límites de dosis equivalentes apropiados, no será necesaria la utilización de dosímetros adicionales.

– El dosímetro debe estar perfectamente cerrado.

– Si los filtros metálicos que lleva el dosímetro están sueltos o se han desprendido, debe notificarse al Centro de dosimetría.

– Bajo ninguna circunstancia se debe manipular el dosímetro abriéndolo, ya que al cerrarlo se puede colocar de forma incorrecta.

Radiación y tiempo. Efectos

El grupo de radiaciones a que nos estamos refiriendo posee capacidad para ionizar directa o indirectamente el medio que las absorbe, y el efecto biológico de las mismas se basa precisamente en la acción de los iones producidos en la materia viva. Sometida ésta a una irradiación continua por radiaciones ionizantes, experimenta alteraciones proporcionales a la ionización específica, que van aumentando progresivamente con la cantidad de energía absorbida, hasta que a dosis elevadas termina por morir.

Para producir las mismas alteraciones son necesarias dosis de radiación enormemente distintas de una especie animal a otra, e incluso en la misma especie, según se trate de un órgano u otro, víscera o parte del cuerpo. Por eso existen dosis tolerables y órganos críticos para cada radiación ya que a causa del metabolismo de cada uno, los núclidos podrán depositarse en un lugar del organismo si por causa de inhalación o ingestión o absorción a través de la piel penetrasen en el interior del organismo.

De acuerdo con el lugar de donde proceden las radiaciones debemos de clasificarlas en externas e internas al organismo. La radiación externa, dado que los órganos más sensibles a ella se encuentran situados relativamente distantes de la piel, producirá efectos si se trata de rayos X, radiación gamma o neutrones. Las partículas beta, sobretodo si son de baja energía, y más aún las alfa pierden la totalidad de su energía en las capas más externas (piel, cubiertas vegetales, etc.) de los seres vivos.

Pero la poca peligrosidad de los emisores de partículas alfa y beta desaparece cuando se encuentran en el interior del organismo, por alguna causa penetran en su interior y se depositan en cualquier tejido orgánico dando lugar a lo que se denomina contaminación interna; a partir de dicho momento estarán irradiando de un modo continuado las células más próximas durante un tiempo que dependerá de la vida media efectiva de cada elemento, normalmente muy elevado.

Esta contaminación interna puede presentarse si no se cumplen todos los requisitos de protección necesarios o por un accidente; ésta es la causa principal de irradiación crónica. Contra ella es muy difícil luchar pues no valen los dispositivos de blindaje, ni la posibilidad de alejamiento de la fuente radiactiva, ni la limitación del tiempo de exposición. Además son nulas, en la actualidad, las posibilidades de aumentar mediante un tratamiento profiláctico o curativo, su ritmo normal de excreción.

Cuando la mayor parte del organismo ha estado expuesto a una dosis aguda alta, el síndrome de la irradiación presenta las siguientes fases:

Fase inicial, se presenta poco tiempo después de la irradiación y se manifiesta con malestar general, inapetencia, fatiga, sensación de vértigo y mareos y vómitos.

Fase de latencia, un periodo de duración variable e inversa a la dosis de radiación recibida. No se observa síntoma externo alguno, y el sujeto parece que está normal.

Periodo de estado, de duración muy variable, repiten los síntomas de la fase inicial, más graves y duraderos cuanta mayor radiación se recibió; se presentan diarreas, emisiones sanguíneas por la boca, nariz o intestinos, fiebre, profundas alteraciones en la sangre y diversos órganos.

Fase letal, como consecuencia de la agravación de las fases anteriores, preferentemente por graves alteraciones hemáticas consecutivas a los daños experimentados por la médula ósea roja. Si las dosis de radiación fueron muy elevadas puede aparecer la muerte nerviosa, como consecuencia de grandes alteraciones del sistema nervioso central que no dan tiempo a que se manifiesten otros síntomas.

Fase de recuperación o de convalecencia, de duración variable, van desapareciendo los síntomas anteriores si la evolución es favorable y se llega a la normalidad. No obstante esta normalidad es ficticia, ya que los efectos biológicos de las radiaciones son acumulativos y según las dosis recibidas puede producirse cierta regresión. Incluso puede producirse un acortamiento del periodo de vida.

No debemos olvidar tampoco que el mecanismo de la herencia es el sistema biológico más sensible a las radiaciones y pueden producirse lesiones genéticas. Incluso dosis muy pequeñas de radiación tienen la posibilidad de producir mutaciones que tengan consecuencias genéticas que se manifiestan incluso hasta pasadas varias generaciones. En el establecimiento de las dosis máximas permitidas actuales se han tenido en cuenta, de modo principal, dichos efectos genéticos.

En general, la dosis de radiación es proporcional al tiempo pasado en el campo de radiación. El trabajo en un área de radiación debe realizarse rápida y eficientemente. Es importante que los trabajadores no se distraigan en otras tareas ni en conversaciones; sin embargo, un trabajo demasiado rápido puede provocar errores. Debido a esto el trabajo se prolonga más, lo que se traduce en una mayor exposición.

En condiciones controladas de utilización, los usos industriales y médicos de las radiaciones no presentan riesgos substanciales para los trabajadores y no deben dar lugar a que las radiaciones alcancen un nivel que se considere inaceptable.

Los posibles efectos de las radiaciones son:

Efectos a corto plazo tales como quemaduras de la piel y cataratas de los ojos.

Efectos a largo plazo tales como un aumento de la predisposición a la leucemia y a los cánceres de diverso tipo.

Efectos hereditarios.

Unas recomendaciones muy elementales son:

a) No debe realizarse una aplicación de radiaciones a menos que esté justificada.
b) Todas las dosis deben reducirse al valor más bajo que sea posible, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales
c) En cualquier caso, todas las dosis deben mantenerse por debajo de los límites de dosis: 20mSv por año para los adultos (promediado a lo largo de cinco años) y 1 mSv por año para individuos del público en general.

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

En los cambios que se producen en las células después de la interacción con las radiaciones hay que tener en cuenta.

– La interacción de la radiación con las células en función de probabilidad (es decir, pueden o no interaccionar) y pueden o no producirse daños.

– La interacción de la radiación con una célula no es selectiva: la energía procedente de la radiación ionizante se deposita de forma aleatoria en la célula.

– Los cambios visibles producidos no son específicos, no se pueden distinguir de los daños producidos por otros agresivos-agentes físicos o contaminantes químicos.

– Los cambios biológicos se producen sólo cuando ha transcurrido un determinado período de tiempo que depende de la dosis inicial y que puede variar desde unos minutos hasta semanas o incluso años.

La acción de la radiación sobre la célula puede ser:

– **Directa:** cuando el daño se produce por la ionización de una macromolécula biológica.

– **Indirecta:** produce daños a través de reacciones químicas iniciadas por la ionización de aguas y grasas.

Factores que influyen en la radiosensibilidad celular.

La respuesta celular a las radiaciones ionizantes pueden modificarse por distintos factores , que en unos casos potencian la radiosensibilidad (radiosensibilizantes) y en otros casos la disminuyen (radioprotectores).

Estos factores pueden ser de tipo físico, químico o biológico y los más importantes son:

a) Factores físicos

– Transferencia lineal de energía (LET): Es la energía depositada por unidad de recorrido de la partícula. La radiación con mayor LET tiene mayor capacidad de ionización y por tanto es más dañina para la célula (este es el caso de las partículas).

– Eficacia biológica relativa EBR: Es la dosis requerida por radiaciones con distinto LET, para producir el mismo efecto biológico.

– Tasa de dosis: A mayor tasa de dosis se produce mayor cantidad de lesiones en la célula. El variar la velocidad de irradiación puede considerarse como una forma de fraccionamiento.

b) Factores químicos

Los efectos combinados de compuestos químicos y radiaciones ionizantes pueden aparecer de forma independiente, antagónica o sinérgica.

La presencia de agentes químicos pueden modificar la respuesta a la radiación de forma diferente:

– **Radiosensibilizadores:** aumentan el efecto nocivo. Ejemplo típico es el oxígeno, el cual aumenta el número de lesiones, bien por incremento de radicales libres o bien por el bloqueo de los procesos de restauración.
– **Radioprotectores:** reducen los efectos producidos por la radiación a nivel celular. Dentro de este grupo pueden considerarse los compuestos que en su molécula tienen un grupo sulfidrilo (SH).

c) Factores biológicos

Los aspectos más importantes son:

– Aspectos relacionados con la capacidad de reparación celular. Dos dosis separadas en el tiempo son menos destructoras que la misma dosis administrada de forma única.
– Fase del ciclo celular en la que se produce la irradiación . La mínima radiosensiblidad se alcanza durante la síntesis del DNA.

Clasificación de los efectos producidos por la radiación

– Somáticos: No se transmiten hereditariamente.
– Genéticos: Se transmiten hereditariamente.
   * Estocásticos: La gravedad no depende de la dosis.
   * No estocásticos: La gravedad depende de la dosis.

Efectos estocásticos

– Son de carácter probabilístico.
– Una vez producidos son siempre graves.
– Carecen de umbral.

Efectos no estocásticos

– Existe una relación de casualidad entre dosís-efecto.
– Tiene umbral determinado.

Figura 11-16

La respuesta de los diferentes órganos y tejidos a la radiación es variada tanto en el tiempo de aparición como en la gravedad de los síntomas producidos.

Alteraciones orgánicas generales

Aunque la respuesta varía con el tiempo de postirradiación y con la dosis, se pueden establecer una serie de normas, referidas a sistemas específicos entre los que podemos destacar:

Sistema hematopoyético: Comprende la médula ósea, la sangre circulante, los ganglios linfáticos, el bazo y el timo. Dosis moderadas de radiación ionizante pueden provocar pérdida de leucocitos, disminución o falta de resistencia ante procesos infecciosos y disminución del número de plaquetas que pueden desarrollar una anemia importante y marcada tendencia a las hemorragias.

Aparato digestivo: Está formado por parte de la cavidad bucal, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. La radiación puede llegar a inhibir la proliferación celular y por tanto quedar lesionado el revestimiento, produciéndose una disminución o supresión de secreciones, pérdida de elevadas cantidades de líquidos y electrolitos, especialmente sodio, así como también puede producirse el paso de bacterias del intestino a la sangre.

Piel: Está formada por una capa externa (epidermis), una capa de tejido conjuntivo (dermis) y una capa subcutánea de tejido grueso y conjuntivo.

Después de aplicar dosis de radiación moderada o alta se producen radiaciones tales como inflamación, eritema y descamación seca o húmeda de la piel.

Sistema reproductivo:

Varón: La irradiación de los testículos puede producir un período variable de fertilidad, atribuible a los espermatozoides maduros, ya que son radiorresistentes y a este período le sigue otro de esterilidad temporal o permanente según la dosis.

En el caso del varón, la esterilidad por radiación tiene por consecuencia la pérdida permanente de la capacidad reproductora pero, debido a que la reproducción de hormonas masculinas se encuentra encomendada a células radiorresistentes, la esterilidad no afecta a los caracteres sexuales masculinos secundarios.

Hembra: Después de irradiar los ovarios con dosis moderadas existe un período de fertilidad debido a los folículos maduros que son relativamente radiorresistentes y que pueden liberar un óvulo. A este período fértil le puede seguir otro de esterilidad temporal o permanente. Posteriormente, puede existir un período de fertilidad, como consecuencia de la maduración de los óvulos que se encuentran en los folículos pequeños, que son los más radiorresistentes. La dosis necesaria para producir la esterilización varía en función de la edad, a medida que se aproxima a la edad de menopausia, la dosis esterilizante es más baja.

En el caso de la mujer la radioesterilidad produce la pérdida total de caracteres secundarios.

Ojos: El cristalino puede ser lesionado o destruido por la acción de la radiación. Dosis moderadas del orden de 2 Gy pueden producir cataratas.

Sistema cardiovascular: Está formado por la red de vasos sanguíneos y el corazón.

Los vasos más finos son más radiorresistentes que los vasos grandes. Las alteraciones pueden manifestarse en forma de efectos tardíos.

Los efectos de dosis bajas e intermedias sólo producen en el corazón pequeños daños funcionales. Las dosis altas pueden producir pericarditis (inflamación de la membrana que recubre el corazón) y pancarditis (inflamación de la totalidad del corazón).

Aparato urinario: Las dosis altas producen pocas alteraciones renales evidentes salvo edema. Los cambios tardios, atrofia y fibrosis renal, son secundarios a lesiones vasculares y producen hipertensión y fallos renales.

Sistema nervioso central: Es el más radiorresistente. El límite umbral de radiolesiones en el sistema nervioso central se suele situar entre 20 y 40 Gy.

Hígado: Los efectos tardíos de la irradiación del hígado denominados hepatitis de radiación, son consecuencia de esclerosis vascular y consisten esencialmente en fibrosis (cirrosis) e incluso necrosis.

LEGISLACIÓN ESPAÑOLA EN MATERIA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Leyes básicas:

– Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear B.O.E. de 4 de mayo de 1964.
– Ley 15/1980 sobre Creación del Consejo de Seguridad Nuclear "B.O.E." de 25 de abril de 1980.

Decretos:

– Decretos 2.177/1967 y 2.864/1986 Reglamento sobre cobertura de riesgos nucleares.
– Decreto 2.869/1972 Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. B.O.E. de 24 de octubre de 1972.
– Real Decreto 2.519/1972 Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiacciones Ionizantes .B.O.E. de 8 de octubre de 1982.
– Real Decreto 1.753/1987 por el que se modifica parcialmente el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. B.O.E. de 15 de enero de 1988.
– Real Decreto 52/1992: Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
– Real Decreto 413/97: sobre portección operacional de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.

Ordenes:

– Orden de 10 de marzo de 1975 sobre Homologación de Aparatos Radiactivos.

Guías:

– Guías de Seguridad del consejo de Seguridad Nuclear publicadas por la Junta de Energía Nuclear.

R.D. 53/1992 Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes

Este Real Decreto establece las disposiciones aceptables para las personas que trabajen con radiaciones ionizantes. Ninguna persona menor de 18 años será asignada a un puesto de trabajo que implique su calificación como trabajador profesionalmente expuesto.



Figura 11-16

Se establece la clasificación de los trabajadores en categoría A (con riesgo) y categoría B (con poco riesgo) así como se clasifican las zonas en **controladas** (dosis 30 % de los límites máximos), **vigiladas** (dosis 10% de los límites máximos) y de **libre acceso** (zonas con improbable contaminación).

El acceso a zonas controladas y vigiladas estará limitado y éstas estarán debidamente señalizadas.

En las zonas controladas será obligatorio el uso de dosímetros individuales, mientras que en las zonas vigiladas se efectuarán estimaciones de las dosis que puedan recibirse. En todo caso, si existe riesgo será obligatorio el uso de equipo de protección personal adecuado.

ZONA	*DEFINICION*
ZONA DE LIBRE ACCESO	Es aquella en la que, permaneciendo en ella de una manera continuada, resulta improbable recibir dosis anuales superiores a 1/10 de los límites anuales de dosis.
ZONA VIGILADA	Es aquella en la que, existiendo riesgo de irradiación, es probable que las dosis recibidas no superen los 1/10 de los límites anuales de dosis. Resultando improbable superar los 3/10 de dicho límite.
ZONA CONTROLADA	Es aquella en la que no es improbable recibir dosis superiores a 3/10 de los límites anuales de dosis.
ZONA DE PERMANENCIA LIMITADA	Es aquella en la que existe riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis.
ZONA DE ACCESO PROHIBIDO	Es aquella en la que existe el riesgo de recibir una única exposición de dosis superiores a los límites anuales de dosis.

Tabla 11-4: DEFINICIÓN DE ZONAS DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE RIESGO (R.D.53/1992)

Los exámenes y controles de los dispositivos de protección serán efectuados por expertos cualificados a estos efectos por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Límites anuales de dosís

Las dosimetrías individuales serán efectuadas por entidades expresamente autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear. Se establecen una dosis total anual para

el organismo de 50 mSv (caso de exposición total y homogénea, en personas profesionalmente expuestas).

Si existe solamente una exposición parcial (exposición parcial no homogénea) se establecen los siguientes límites:

150 mSv para el cristalino del ojo

500 mSv para la piel (superficie de 100 cm^2)

500 mSv para los antebrazos, pies y tobillos

Existen límites de 10 mSv para mujeres embarazadas.

Para miembros del público, no profesionales, la dosis máxima anual admitida es de 15 mSv

El R.D. indica también una extensa tabla de límites derivados de la inhalación de radionucleidos en el aire, así como para la mezcla de radionucleidos.

R.D. 413/97 sobre protección operacional de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes

Este Real Decreto se refiere a la regulación de la protección radiológica operacional de aquellos trabajadores denominados "externos" que tienen que intervenir en una zona controlada de una instalación nuclear o radiactiva.

Las empresas con estos trabajadores deben inscribirse en el Consejo de Seguridad Nuclear, con una declaración jurada indicando que disponen de todos los medios técnicos y humanos para cumplir la normativa vigente.

La empresa externa deberá facilitar información y formación a sus trabajadores, controlar las dosis recibidas por éstos y mantener la vigilancia médica de acuerdo con el R.D. 53/92 sobre protección radiológica.

La empresa titular de la instalación deberá asegurarse de que la empresa externa cumple todos los requisitos aludidos.

Los trabajadores dispondrán de un documento individual para el seguimiento radiológico donde consten todos los datos antes y después de la intervención.

MEDIDAS PREVENTIVAS

En cualquier instalación radiactiva estas son algunas de las medidas preventivas que deben tenerse en cuenta.

Delimitación de zonas. Señalización

De acuerdo con lo establecido en el citado R.D. 53/1992

Método de trabajo.

En el trabajo con radioisótopos se debe establecer un plan de trabajo que debe conocerse perfectamente antes del inicio de la tarea, así como las personas que lo van a llevar a cabo. Dicho plan ha de contener información sobre la medidas preventivas a utilizar, métodos de descontaminación, sistema de eliminación o gestión de residuos y acciones a tomar frente a una emergencia (plan de emergencia). A continuación se indican unas recomendaciones de tipo general para el manejo de isótopos radiactivos:

- El material que se utilice deberá ser específico y estar señalizado.
- La manipulación de los productos radiactivos deber efectuarse en bandejas de material no poroso y cubierto de papel de filtro, de manera que se impida la extensión del riesgo en casos de producirse algún incidente (derrames, roturas, etc…).
- Las superficies de trabajo deberán ser lisas, no porosas y sin fisuras.
- El trabajo se deberá realizar en lugares con un sistema de ventilación adecuado, provisto de filtro, para que en caso de producirse aerosoles, éstos puedan quedar retenidos.
- Las paredes, suelos y techos deberán ser lisos, sin poros y sin rendijas. Se emplomarán aquellos elementos que necesiten. El local deberá disponer de un sistema adecuado de extinción de incendios.
- El trabajo deberá efectuarse siempre con guantes desechables.
- En los laboratorios no se pipeteará nunca con la boca.
- En la dependencia deberá existir un control de radionucleido desde que llega hasta que los residuos son eliminados, lo que hace necesario disponer de un libro de almacén en el que se recoja toda la información, de tal manera que siempre pueden conocerse las existencias y lugar donde se encuentran. A su cargo deberá haber un responsable.
- Todo el material desechable se depositará en recipientes específicos perfectamente señalizados.
- Estará absolutamente prohibido comer, beber o fumar en la zona radiactiva y no se deberá permanecer en la misma con ropa de calle.

Medición de la radiación.

En toda instalación radiactiva deberá efectuarse un control periódico del nivel de radiación ambiental existente mediante la utilización de medidores ambientales de RI.

El personal de la instalación deberá llevar a cabo un control de la dosis individual recibida mediante el empleo de dosímetros personales. El control dosimétrico deberá ser personalizado.

Gestión de residuos.

Existen empresas autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), como ENRESA que se encargan de dicha gestión.

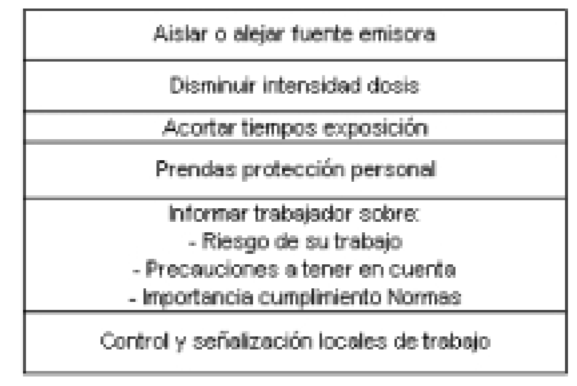


Figura 11-17: RADIACIONES IONIZANTES (PROTECCIÓN)

Vigilancia de la salud.

Todo el personal expuesto a RI está obligado a realizar un reconocimiento médico especifico una vez al año.

El personal que se incorpore de nuevo a una instalación deberá realizar un examen exhaustivo de la salud, según especificaciones del CSN.

Se debe disponer de un informe dosimétrico individualizado de todo el personal expuesto.

Todos estos datos, tanto dosimétricos como médicos deben conservarse hasta pasados treinta años después del cierre de la instalación.

CAPÍTULO 12: AMBIENTE TÉRMICO

GENERALIDADES

El ambiente térmico es un conjunto de factores (temperatura, humedad, actividad del trabajo, etc.) que caracteriza los diferentes puestos de trabajo. El valor combinado de estos factores origina distintos grados de aceptabilidad de los ambientes. El ambiente térmico puede suponer un riesgo a corto plazo, cuando las condiciones son extremas (ambientes muy calurosos o muy fríos), pero también, y la mayoría de las veces es así, originan inconfort térmico. A continuación describimos los mecanismos a través de los cuales el cuerpo humano recibe o cede calor al medio ambiente, las condiciones ambientales que debe reunir los lugares de trabajo según el Real Decreto 486/1997 y las principales medidas correctoras ante el estrés térmico.

El hombre es un animal que necesita mantener la temperatura de sus órganos vitales dentro de unos márgenes muy estrechos, debido a que las numerosas y complicadas reacciones metabólicas que se desarrollan en su organismo, y de las que depende su vida, deben realizarse en unas condiciones de temperatura con un margen muy estrecho, para que los rendimientos de las mismas sean óptimos.

La temperatura interna media puede estimarse como de 36,8 ºC. Si la temperatura se sitúa por debajo de 35 ºC hablaremos de hipotermia, pudiendo llegarse a una situación letal a temperaturas de 25 ºC. La situación contraria se produciría cuando la temperatura central está en torno a 40 ºC, llegándose al riesgo de muerte cuando la temperatura rectal está sobre 43 ºC.

Se entiende por estrés térmico la presión que se ejerce sobre una persona al estar expuesta a temperaturas extremas y que, a igualdad de valores de temperatura, humedad y velocidad del aire, presentan para cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y de su aclimatación.

Nos centraremos casi exclusivamente en las consecuencias del calor.

Cuanto más intensa sea la actividad física del individuo, mayor será también la cantidad de calor que deberá eliminar para que el equilibrio térmico pueda mantenerse. La forma de liberar este calor se produce a través de tres mecanismos: la evaporación del sudor, la convección y la radiación; pero en situaciones muy calurosas sólo es posible liberar calor a través de la evaporación del sudor.

La evaporación del sudor

La evaporación del sudor es un mecanismo de eliminación de calor, pues el sudor, para evaporarse, toma de la piel con la que está en contacto el calor necesario para el paso del estado líquido a vapor. La cantidad de sudor que puede evaporarse por unidad de tiempo depende fundamentalmente de dos variables ambientales: la humedad y la velocidad del aire. Cuanto mayor es la humedad, más difícil es evaporar el sudor; asimismo, cuanto mayor es la velocidad del aire, tanto mayor es el flujo de sudor que es posible evaporar.

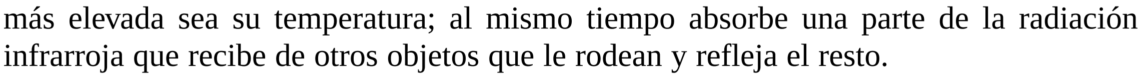
La convección

La convección es un mecanismo a través del cual la piel da o cede calor al aire que la rodea, cuando las temperaturas de ambos son distintas. Cuando la temperatura de la piel es mayor que la del aire, aquella cede calor a éste y cuando la temperatura del aire supera a la de la piel, es la última la que recibe calor del primero. Al variar poco la temperatura de la piel, la magnitud del intercambio que se producirá por convección dependerá fundamentalmente de la temperatura del aire.

Figura 12-1

La radiación

Es el intercambio térmico que se produce entre dos cuerpos sólidos a diferente temperatura y que se encuentren uno "a la vista" del otro. Cualquier objeto emite rayos infrarrojos en cantidad tanto mayor cuanto más elevada sea su temperatura; al mismo tiempo absorbe una parte de la radiación infrarroja que recibe de otros objetos que le rodean y refleja el resto.



Según que la temperatura del cuerpo sea superior o inferior a la temperatura media de los objetos de su alrededor, el efecto resultante será una ganancia o una pérdida de calor del cuerpo en cuestión. A la temperatura media de los objetos que rodean al cuerpo se le denomina temperatura radiante media.

BALANCE TÉRMICO

En situación de equilibrio térmico, es decir, cuando la temperatura interna del cuerpo permanece constante, las ganancias y pérdidas de calor en el organismo deben equipararse. Se puede establecer una ecuación de balance en la que se tengan en cuenta todas las variables que influyen en el mantenimiento o pérdida de este equilibrio, que puede expresarse por la ecuación:

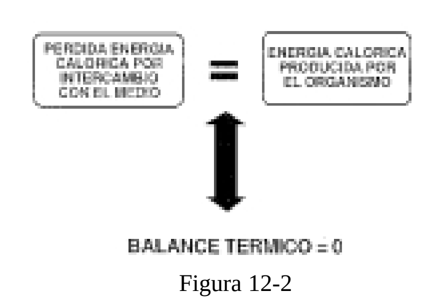


Figura 12-2

$$A = M - (R + C + E)$$

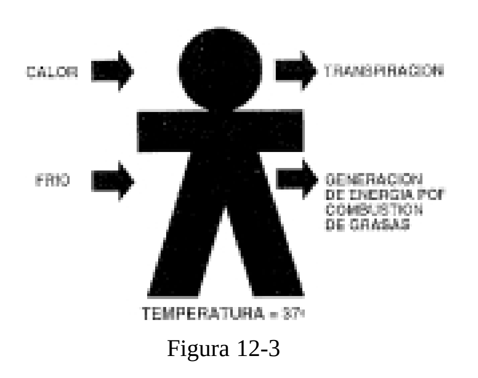


Figura 12-3

Donde a es la acumulación de calor, M calor producido por el metabolismo y el último término R representa la energía de radiación, C el calor de convección y E el calor de evaporación perdido.

En situación de equilibrio la acumulación de calor será nula.

Figura 12-4

La cantidad de calor producida por el metabolismo viene influenciada principalmente

por la actividad que desarrolla el individuo, por el tipo de trabajo y el movimiento general del cuerpo; existen tablas de valores para cuantificar el metabolismo del trabajo en función del tipo de éste. Para obtener el consumo metabólico total de energía, habrá que sumar al valor anterior el término correspondiente al metabolismo basal, necesario para mantener las funciones vegetativas y que se puede calcular fácilmente por correlaciones experimentales, ya tabuladas.

Puesto que los mecanismos de termoregulación del organismo tienen como finalidad esencial el mantenimiento de una temperatura interna constante, es evidente que ha de existir un equilibrio entre la cantidad de calor generado en el cuerpo y su transmisión al medio ambiente. La ecuación que describe tal estado de equilibrio se denomina balance térmico y se describe:

$$\mathbf{M - Ed - Es - Er - L = K = R + C}$$

- M = Producción metabólica de calor.
- Ed = Pérdida de calor por difusión de vapor de agua a través de la piel.
- Es = Pérdida de calor por evaporación del sudor desde la superficie de la piel.
- Er = Pérdida de calor latente en la respiración.
- L = Pérdida de calor sensible en la respiración.
- K = Calor transmitido desde la superficie de la piel hasta la superficie exterior del vestido.
- R = Calor perdido por radiación desde la superficie exterior del vestido.
- C = Calor perdido por convección desde la superficie exterior del vestido.

Los intercambios de calor entre el individuo y el medio ambiente se pueden desglosar en calor por radiación, convección y evaporación, los cuales están influenciados por variables como la temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire, humedad del ambiente y ropa de trabajo.

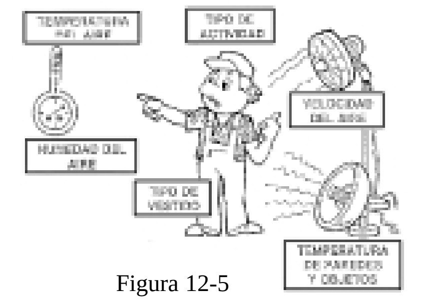


Figura 12-5

REACCIÓN DEL CUERPO AL ESTRÉS POR BAJAS TEMPERATURAS

El cuerpo humano, de sangre caliente, reacciona cuando se le somete a un ambiente térmico de frío intenso (contacto con agua muy fría, trabajos en cámaras frigoríficas industriales, etc.) produciéndose la hipotermia, puesta de manifiesto por una contracción de los vasos sanguíneos de la piel con el fin de evitar la pérdida de la temperatura basal. Como consecuencia de ello los órganos más alejados del corazón, las extremidades, son los primeros en acusar la falta de riego sanguíneo, además de las partes más periféricas del cuerpo (nariz, orejas, mejillas) más susceptibles de sufrir congelación. Otros síntomas siguen a la exposición prolongada al frío (dificultad en el habla, pérdida de memoria, pérdida de la destreza manual, schock e incluso muerte).

Prescindiendo de su estudio detallado, indicamos unos valores orientativos para los tiempos de trabajo:

A partir de cero grados: no se establecen límites si se usan ropas adecuadas.

Desde menos 18 a menos 34 ºC: Un máximo de 4 horas diarias, alternando una de exposición y una de recuperación; evidentemente con trajes adecuados.

Desde menos 34 ºC a menos 57 ºC: dos períodos de treinta minutos separados cada cuatro horas.

Existen valores más detallados dados por la ACGIH, que contemplan además la velocidad del viento.

Un aspecto importante a tener en cuenta lo constituye la selección de la ropa de trabajo adecuada, ya que las ropas voluminosas dificultan el movimiento, debiendo tenerse en cuenta la evacuación de calor producido durante el trabajo y las condiciones de viento y humedad que normalmente acompañan a los ambientes fríos.

REACCIÓN DEL CUERPO AL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

Cuando las personas se exponen a un calor excesivo se presentan diversas patologías clínicamente diferenciadas:

Agotamiento por calor: es una forma benigna de patología que remite rápidamente si se trata pronto. Suele estar acompañada por un aumento de la temperatura del cuerpo, dolor de cabeza, náuseas, vértigo, debilidad, sed y aturdimiento.

Calambres por calor: son imputables a la continua pérdida de sal a través del sudor, acompañada por una copiosa ingestión de agua sin una adecuada reposición salina.

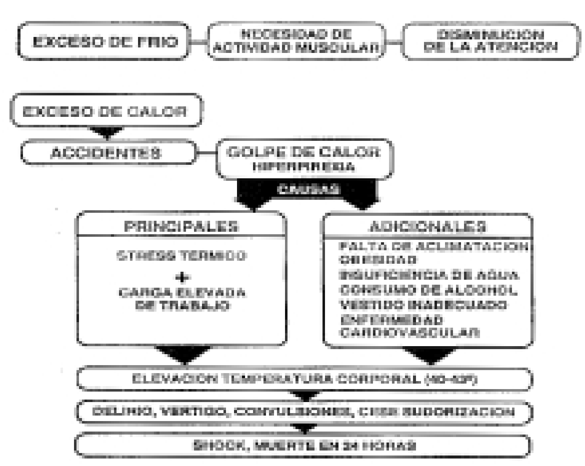


Figura 12-6

Erupción por calor: se presenta en forma de pápulas rojas, usualmente en áreas de la piel cubierta por la ropa y produce una sensación de picazón, especialmente cuando se incrementa la sudoración. Se produce en piel permanentemente cubierta de sudor sin evaporar, aparentemente porque las capas queratinosas de la piel absorben agua, se inflaman y obstruyen mecánicamente los conductos sudoríparos. Las pápulas pueden infectarse si no reciben tratamiento.

Golpe de calor: incluye una afección importante del sistema nervioso central (inconsciencia o convulsiones), ausencia de sudoración y temperatura corporal superior a 41 ºC. El golpe de calor es una emergencia médica y cualquier procedimiento que sirva para enfriar al paciente mejora el pronóstico.

LA SENSACIÓN Y EL RIESGO DE CALOR O FRIO DEPENDEN DEL NIVEL TÉRMICO DEL CUERPO

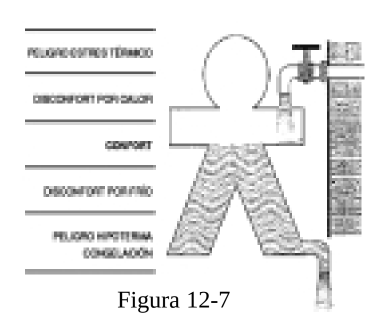


Figura 12-7

Existen diferentes variables que influyen en la tolerancia al calor:

Aclimatación

Cuando personas no aclimatadas se exponen a ambientes con sobrecarga térmica, experimentan elevaciones en la frecuencia cardíaca, molestias y sensación de angustia que se compensan en días sucesivos por efecto de ajustes fisiológicos. Se puede hablar de aclimatación total al cabo de dos o tres semanas.


Figura 12-8

Esta adaptación a la exposición al calor se basa principalmente en una mejora progresiva de la circulación central, con lo que el calor es transportado con mayor facilidad hacia la piel, y en un aumento de la producción de sudor, incluso con modificaciones en la composición de éste.

Constitución corporal

En el caso de individuos obesos, la relación entre la superficie corporal y el peso es más baja. Puesto que la generación de calor es función del peso y la disipación función de la superficie, el hombre corpulento está en desventaja. Además las personas obesas suelen tener peor funcionamiento del aparato circulatorio, que es quien transporta el calor al exterior de la capa subcutánea.

Edad y aptitudes físicas

Durante el trabajo pesado en ambientes calurosos se somete al sistema cardiovascular a una doble carga, ya que se establece la necesidad de aumentar el flujo sanguíneo hacia la piel y hacia los músculos que trabajan; por otro lado la capacidad cardiovascular disminuye con la edad y por tanto también disminuye la tolerancia a este tipo de situaciones. Además los individuos de más edad disipan con más dificultad el calor por sudoración, debido a una inferior capacidad de generación de sudor, principalmente.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO

La evaluación del estrés térmico se efectúa midiendo los factores climáticos y físicos del ambiente y evaluando entonces sus efectos sobre el organismo humano mediante el empleo del índice de estrés térmico apropiado.

Existen métodos de medida fisiológicos, basados en el estudio de grandes colectivos de personas, como el *método de la temperatura efectiva,* basado en el estudio de grupos de personas numerosos cuando son expuestas a diferentes combinaciones de temperatura, humedad y movimiento de aire, aunque sólo utiliza como criterio de evaluación el confort térmico, ya que no tiene en cuenta la carga metabólica ni la posible influencia de la radiación térmica.

Los *métodos instrumentales* tratan de establecer modelos físicos que expliquen las reacciones del hombre cuando se le somete a diferentes condiciones termohigromé-


Figura 12-9

tricas, a través de la cuantificación de factores externos, como es el caso del índice WBGT propuesto por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Los *métodos de balance térmico* son los más modernos y precisos pero bastante complicados en la práctica; pretenden la obtención de todas las variables que intervienen en el balance térmico mediante la resolución de ecuaciones a veces complejas. Un ejemplo es el "índice de sudoración requerida" cuyo desarrollo está especificado en la norma ISO 7933.

Criterios de evaluación del riesgo de estrés térmico

El más frecuentemente utilizado es el índice de temperatura de globo con bulbo húmedo, conocido como índice WBGT, recomendado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) para los límites de alerta para el ambiente térmico.

Existen una serie de parámetros que deben conocerse previamente a la medida del estrés térmico:

***Temperatura del aire* seca (t_a):** Es la temperatura del aire medida con un termómetro, en grados centígrados o Kelvin (ºK = ºC + 273)

Temperatura húmeda natural (t_{hn}): es la temperatura indicada por un termómetro cuyo sensor está recubierto por una muselina de algodón humedecida y que está expuesto al movimiento natural del aire en el punto de medida.

***Temperatura húmeda psicrométrica* (t_{hp}):** es la temperatura indicada por el termómetro cuando alrededor de la muselina se establece una corriente forzada de aire

Velocidad del aire: es la velocidad en m/s a la que se mueve el aire; su magnitud es importante en el intercambio térmico entre el hombre y el ambiente por su influencia en la transferencia térmica por convección y evaporación.

Calor radiante: es la carga térmica de radiación solar e infrarroja que incide sobre el cuerpo humano. Se mide mediante un termómetro de globo que consiste en una esfera de cobre, hueca, de 15 cm. de diámetro y pintada de negro mate, en cuyo centro se inserta un termómetro.

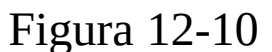
Estimación de la carga térmica metabólica: puede realizarse empleando tablas de consumo metabólico o de análisis de tareas.

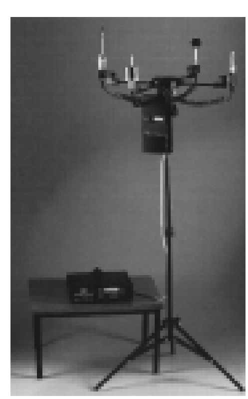
Para interiores sin carga solar el **índice WBGT** es:

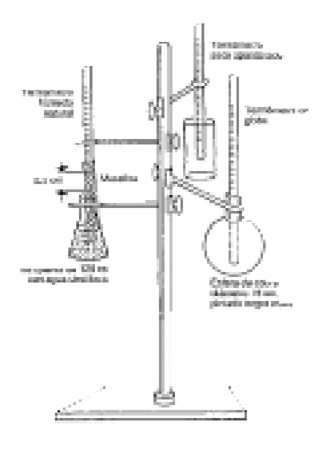
$$WBGT = 0{,}7\ t_{hn} + 0{,}3\ t_g$$

Para exteriores con carga solar es:

$$WBGT = 0{,}7\ t_{hn} + 0{,}3\ t_g + 0{,}1\ t_a$$



Figura 12-10


Figura 12-11


Figura 12-12

En donde WBGT = tª de globo y bulbo húmedo según fórmula en ºC.

El índice WBGT combina el efecto de la humedad y del movimiento del aire, de la temperatura del aire y de la radiación, y de la temperatura del aire como un factor explícito en exteriores con carga solar.

Las condiciones de medida vienen especificadas en la ISO 7243 "Estimación del estrés térmico en el ambiente de trabajo basada en el índice WBGT" y la ISO 7726 "Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos para la cuantificación de magnitudes físicas"

Existen en el mercado instrumentos que proporcionan lecturas instantáneas de los componentes individuales del índice WBGT o una lectura digital integrada.

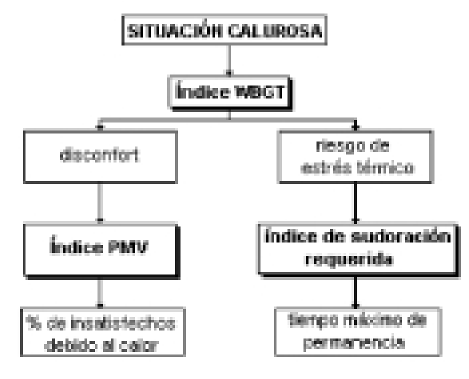


Figura 12-13

Una vez que se ha determinado el valor del índice WBGT y la carga térmica metabólica correspondiente a una tarea determinada, es posible efectuar una evaluación del posible estrés térmico. Los límites recomendados distinguen entre trabajadores aclimatados y no aclimatados, incluyen el efecto del vestido y especifican valores techo según una serie de curvas para los valores Límite de Alerta recomendados, Límites de Exposición Recomendados y Valores Techo. Debe disponerse del documento guía de la NIOSH o su traducción de cualquier manual al efecto.

Régimen de trabajo y descanso	**Tipos de Trabajo**		
	Ligero	**Moderado**	**Pesado**
Trabajo continuo	30.0	26.7	25.0
75% trabajo y 25% descanso, cada hora	30.6	28.0	25.4
50% trabajo y 50% descanso, cada hora	31.4	29.4	27.9
25% trabajo y 75% descanso, cada hora	32.2	31.1	30.0

Tabla 12-1: TLV´S PARA LA EXPOSICIÓN AL CALOR (VALORES EN ºC WBGT)

SISTEMAS DE CONTROL

El control del estrés térmico debe realizarse mediante sistemas de ventilación apropiados, y si es posible con aislamientos que reduzcan la transmisión térmica. El calor radiante debe reducirse recubriendo la superficie de los objetos calientes con materiales de baja emisividad o mediante pantallas que aíslen de la radiación.

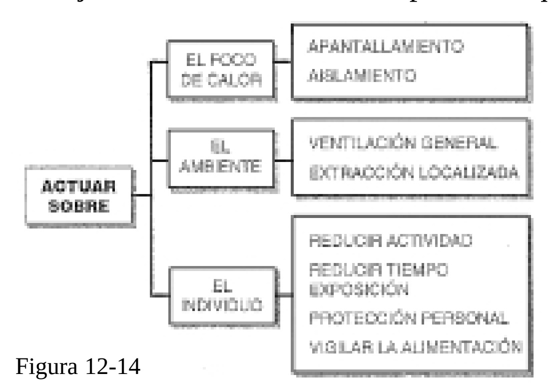


Figura 12-14

Para exposiciones cortas existen prendas de protección tales como intercambiadores de calor respiratorios, trajes refrigerados y reflectantes, etc.

Cuando el calor emitido no puede controlarse (por ejemplo en hornos altos), la mejor solución es emplear cabinas con aire acondicionado para mantener a los trabajadores razonablemente confortables. En general, deberemos actuar:

Sobre los focos de calor: Con prevención en la fase de diseño, modificación del proceso productivo, encerramiento de procesos, extracción localizada, apantallamiento de focos de calor radiante.

Sobre el medio de difusión: Influyendo en la ventilación de los locales, controlando la velocidad del aire

Sobre el individuo: Control del calor metabólico, cabinas climatizadas, áreas de descanso, reposición de líquidos y sales minerales, control médico, medidas de información y formación.

EXPOSICIÓN AL FRÍO

El primer síntoma que advierte del peligro de exposición al frío puede ser la aparición de sensación de dolor en las extremidades, aunque el aspecto más importante y que constituye una amenaza para la supervivencia es el descenso de la temperatura interna corporal por debajo de los 36 ºC, ya que a partir de ese punto se producirán efectos graduales que irán desde una reducción de la actividad mental hasta llegar a la pérdida de la consciencia con amenaza de consecuencias fatales para la supervivencia.

Cuando la temperatura interna disminuye hasta 36 ºC se produce un aumento de la actividad metabólica en un intento de recuperar el equilibrio térmico. Si la exposición continúa, el trabajador experimentará manifestaciones clínicas progresivas de la hipotermia cuya secuencia podría ser la siguiente:

Aparición de tiritona de máxima intensidad cuando la temperatura interna se acerca a los 35 ºC

Fuerte hipotermia por debajo de 33 ºC

Por debajo de 30 ºC pérdida progresiva de la consciencia.

Límite de supervivencia a los 24 ºC (temperatura interna del cuerpo).

Riesgo de paro cardiaco para una temperatura interna de 22 ºC.


Figura 12-15

MEDIDAS CORRECTORAS

Aparte del daño por el frío en sí, muchos accidentes de trabajo se producen por pérdida de la destreza o capacidad intelectual del trabajador ocasionadas por exposiciones prolongadas sin haber tomado las mínimas medidas preventivas.

En el caso de trabajos que exijan destreza manual, se tomarán medidas cuando se trate de exposiciones de más de 25 minutos a ambientes por debajo de 15 ºC, con objeto de que los trabajadores puedan mantener las manos calientes. Se puede recurrir a la instalación de aparatos calefactores orientados hacia la zona de trabajo o bien a la utilización de guantes. La maquinaria debe estar diseñada para poder manejar los mandos con guantes.

En situaciones de trabajo por debajo de 5 º C los trabajadores deben llevar ropa de protección, cuya elección estará en función de la actividad física a desarrollar y del nivel de frío al que vayan a estar sometidos.

Se deberá dar instrucciones a los trabajadores sobre:

Procedimientos para reincorporar calor y conocimientos de primeros auxilios.

Uso de ropa de trabajo o prendas de protección adecuadas a la temperatura del medio laboral. Esta ropa, aparte de la función protectora, deberá cumplir unos requisitos mínimos ergonómicos, debiendo asegurarnos una mínima transpiración o en su defecto una adecuada ventilación para impedir que las prendas interiores se mojen con el sudor.

Asimismo puede ser beneficiosa una capa exterior impermeable si existe riesgo de que se puedan mojar las prendas interiores.

Conocimiento de regímenes de comida y bebida apropiados.
Reconocimiento de los primeros síntomas de congelación.
Reconocimiento de los síntomas de hipotermia o enfriamiento corporal excesivo.

A pesar de que no es posible establecer fórmulas de validez general frente a situaciones de estrés térmico, ya que debería efectuarse en cada caso un análisis detallado de las causas del riesgo y estudiar todos los elementos que intervienen en el problema, detallamos algunas de las medidas de prevención que se deben adoptar al realizar trabajos en ambientes calurosos:

Sobre el foco:

– Selección de equipos y diseños adecuados: elección de equipos que emitan bajas cantidades de calor o que lo hagan fuera del ambiente de trabajo.
– Modificación del proceso productivo, diseñando variantes que provoquen menores emisiones de calor.
– Encerramiento del proceso, encapsulando las fuentes de calor.
– Control de las emisiones de aire caliente con la instalación de campanas de aspiración.
– Aislamiento de las fuentes de calor radiante mediante apantallamiento.

Sobre el medio de difusión:

– Ventilación por dilución utilizando el aire exterior o bien aire previamente tratado o acondicionado.
– Control de la velocidad del aire.

Sobre el individuo:

– Control de la producción de calor metabólico, disminuyendo la carga de trabajo o distribuyéndola a lo largo de toda la jornada de trabajo.
– Instalación de cabinas climatizadas.
– Utilización de áreas de descanso con aire acondicionado.
– Distribución de trabajos en función de la aclimatación de los trabajadores: los trabajadores nuevos o recién incorporados deberían realizar tareas ligeras hasta completar el período de aclimatación.
– Información sobre el reconocimiento de síntomas de sobrecarga térmica.
– Formación en primeros auxilios sobre los síntomas derivados del trabajo en ambientes calurosos.
– Control médico de los trabajadores expuestos a situaciones extremas de calor mediante exámenes previos al ingreso y periódicos, impidiendo exposiciones excesivas a los que presenten problemas circulatorios o infecciones respiratorias.
– Informar al personal sobre la necesidad de reponer las pérdidas de líquidos mediante la ingestión de agua y sal. Es aconsejable beber un vaso de agua cada 20 m. aproximadamente.

Si estas medidas no son suficientes, se recurrirá a la modificación de los ciclos de trabajo estableciendo pautas de trabajo-calentamiento y a la toma de medidas de protección colectiva si fuese posible como el apantallamiento de las zonas de trabajo para evitar elevadas velocidades del aire.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN. CRITERIOS TLV´s DE LA ACGIH

Para conservar la destreza manual para evitar accidentes, se requiere una protección especial de las manos.

1.°- Si hay que realizar trabajos de altas exigencias en precisión con las manos al descubierto durante más de 10-20 min. en un ambiente por debajo de los 16° C, se deberán tomar medidas especiales para que los trabajadores puedan mantener las manos calientes, pudiendo utilizarse para este fin chorros de aire caliente, aparatos de calefacción de calor radiante (quemadores de fuel-oil o radiadores eléctricos) o placas de contacto calientes. A temperaturas por debajo de -1° C, los mangos metálicos de las herramientas y las barras de control se recubrirán de material aislante térmico.

2.°- Si la temperatura del aire desciende por debajo de los 16° C para trabajos sedentarios, 4° C para trabajos ligeros y -7° C para trabajos moderados, sin que se requiera destreza manual, los trabajadores usarán guantes.

Para impedir la congelación por contacto, los trabajadores deben llevar guantes anticontacto.

3.°- Cuando estén al alcance de la mano superficies frías a una temperatura por debajo de los -7° C, el encargado de la sección o el supervisor deberá avisar a cada

trabajador para que evite que la piel al descubierto entre en contacto con esas superficies de manera inadvertida.

4.°- Si la temperatura del aire es -17,5° C o menos, las manos se deben proteger con manoplas. Los mandos de las máquinas y las herramientas para uso en condiciones de frío deben estar diseñadas de manera que se puedan manejar o manipular sin quitarse las manoplas.

5.°- Si el trabajo se realiza en un medio ambiente a, o por debajo de 4° C, hay que proveer protección corporal total adicional. Los trabajadores llevarán ropa protectora adecuada para el nivel de frío y la actividad física.

6.°- Apantallar el puesto de trabajo o usar una prenda exterior de capas cortaviento fácil de quitar, cuando la velocidad del aire en el lugar de trabajo sea aumentada por el viento, corriente o por equipos de ventilación artificial.

7.°- Si el trabajo en cuestión solamente es ligero y la ropa que lleva puesta el trabajador puede mojarse en el lugar de trabajo, la capa exterior de la ropa que se use puede ser de tipo impermeable al agua. Con trabajo más fuerte tales condiciones, la capa exterior debe ser hidrófuga, debiendo el trabajador cambiarse de ropa exterior cuando ésta se moje. Las prendas exteriores han de permitir una fácil ventilación con el fin de impedir que las capas internas se mojen con el sudor.

8.°- Si no es posible proteger superficialmente las áreas expuestas del cuerpo para impedir la sensación de frío excesivo o congelación, se deben proporcionar artículos de protección con calorifugado auxiliar.

9.°- Si la ropa de que se dispone no dispensa protección adecuada para impedir la hipotermia o la congelación, el trabajo se modificará o suspenderá hasta que se proporcione ropa adecuada o mejore las condiciones meteorológicas.

10.°- Los trabajadores que manipulen líquidos evaporables (alcohol, gasolina o fluidos limpiadores) a temperaturas por debajo de los 4°C, adoptarán precauciones especiales para evitar que la ropa o los guantes se empapen de esos líquidos, por el peligro adicional de lesiones por frío debidas al enfriamiento adicional por la evaporación.

Temperatura del aire Cielo despejado °C(aprox.)	Sin viento apreciable		Viento de 8 km/h		Viento de 8 km/h		Viento de 8 km/h		Viento de 8 km/h	
	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº	Periodo de trabajo máximo	Nº
De -26° a -28°	(Interrup. normales)	1	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
De -29° a -31°	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
De -32° a -34°	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	E**	
De -35° a -37°	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	3	E**			
De -38° a -39°	40 minutos	4	30 minutos	5	E**					
De -40° a -42°	30 minutos	5	E**							
De -40° a -42°	E**									

Nº = número de interrupciones de 10 minutos en lugar templado.

E** = El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar.

Nota: Se supone una actividad entre moderada y fuerte. Para trabajo entre ligero y moderado, aplicar el plan en un escalón inferior.

Tabla 12-2: VALORES TLV. CUADRO DE TRABAJO/CALENTAMIENTO PARA UN TURNO DE CUATRO HORAS

CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO

Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril.

En el se hace referencia a las condiciones de temperatura y humedad que deben reunir los locales de trabajo.

Estos niveles son criterios de confort condicionados a las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo ha elaborado la Guía Técnica correspondiente a la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Esta Guía trata de exponer los criterios y recomendaciones que pueden facilitar a las empresas y a los responsables de prevención, la interpretación y aplicación del Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Según este Real Decreto la exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores ni debe constituir una fuente de incomodidad o molestia para los mismos.

Las condiciones que deben cumplirse en los locales de trabajo cerrados, según el citado Real Decreto, son las siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17º y 27º C.
- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14º y 25ºC.
- La humedad relativa estará comprendida entre 30 y 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites: trabajos en ambientes no calurosos, 0,25m/s, trabajos sedentarios en ambientes calurosos, 0,5 m/s y trabajos no sedentarios en ambientes calurosos, 0,75m/s. Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.
- A efectos de la aplicación de las anteriores prescripciones deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado.

Según la Guía Técnica, cuando la temperatura y/o humedad excedan los valores anteriores, o, sin ser las condiciones ambientales tan extremas, el trabajo sea de tipo medio o pesado o se den ambas circunstancias, se deberá evaluar el riesgo de estrés térmico por calor, recomendándose para ello el método que figura en la norma UNE EN 27243.95.

OTRA NORMATIVA SOBRE EL TEMA

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269, de 10 de noviembre.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril sobre lugares de trabajo.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. (Real Decreto 486/1997). INSHT.
- UNE EN 27726 (95) Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.
- UNE EN 28996 (95) Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico.
- UNE EN 27243 (95) estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.
- UNE EN ISO 7730 (96). Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de bienestar térmico.
- UNE EN 12515 (97). Ambientes calurosos. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico basados en el cálculo de la sudoración requerida.

CAPÍTULO 13: RIESGO BIOLÓGICO

MARCO LEGAL

- Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Decreto 1995/78,de 12 Mayo,por el que se establece el Cuadro de Enfermedades Profesionales.
- OM de 12/1/63 y 15/12/65 sobre Normas Médicas para la Prevención de las Enfermedades Profesionales.
- Ley 31/95, de 8 de Noviembre ,de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/97, de 17 de Enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 822/1993, de 28 de Mayo, sobre: Buenas prácticas de laboratorio (BPL).
- Real Decreto 2043/1994 de 14 de Octubre: Inspección y verificación de las BPL.
- Orden de 14 de Abril de 2000, por la que se adaptan al progreso técnico los anexos del Real Decreto 2043/1994 de 14 de Octubre sobre inspección y verificación de buenas prácticas de laboratorio.
- Decreto 2263/1974 que establece el Reglamento de Policia Sanitaria Mortuoria

INTRODUCCIÓN

Entendemos como **riesgo biológico laboral** "aquel que puede generar peligros de infección, intoxicación o alergias sobre el trabajador, derivado de la actuación ***de contaminantes biológicos***" entendiendo como tales los "microorganismos, incluyendo los que han sufrido manipulaciones genéticas, los cultivos de células y los endoparásitos humanos multicelulares".

Se entiende por **contaminación biológica** "la invasión de un área, superficie o lugar por microorganismos o sustancias indeseables", que resulta de una desaparición o ausencia de protección apropiada frente a la recepción del material contaminado; de su tratamiento en el laboratorio y de la manipulación directa o indirecta de los objetos contaminados. El poder de contaminación depende del grado de virulencia del microorganismo y el de infección depende, a su vez, de la resistencia de cada individuo.

El hecho de que los contaminantes biológicos sean seres vivos y por tanto capaces de reproducirse, que en una misma especie bacteriana existan cepas con distinto poder patógeno o que factores tales como la temperatura y la humedad ambientales puedan condicionar su presencia, no permite establecer unos "valores máximos permitidos" generalizados y válidos para cualquiera que sea la situación problema planteada.

Algunos aspectos de las técnicas que se emplean en los laboratorios de investigación son susceptibles de aumentar los riesgos de contaminación de los manipuladores, por lo que, en tal caso, deben incrementarse los niveles de protección teóricamente determinados por la clase de riesgo del microorganismo. En este caso, es el responsable del laboratorio quien debe tomar la iniciativa del cambio de clasificación y de sus consecuencias para la prevención del personal; estas modificaciones deben ser aprobadas por los miembros del laboratorio (Comité de Seguridad y Salud, en su caso) el médico de empresa y los técnicos del servicio de prevención.

Son ***factores que pueden incrementar el riesgo:***

- la presencia de numerosas personas en el laboratorio, con múltiples idas y venidas.
- la experimentación animal.
- la manipulación de cultivos celulares.
- la multiplicidad de agentes de diferente potencial patógeno.
- la manipulación de cepas resistentes a los antibióticos y de esporas (levaduras, hongos y bacterias), que son las formas de resistencia de los microorganismos.
- la producción de grandes cantidades de toxinas purificadas.
- la manipulación de grandes volúmenes de microorganismos, si el inóculo es importante, puede desbordar las defensas inmunitarias, incluso en un individuo correctamente vacunado y, especialmente, en el caso de gérmenes que son infecciosos con poca cantidad de unidades infectantes, como por ejemplo la Salmonella tiphy. Debe tenerse en cuenta que ninguna protección biológica es absoluta; la vacunación no hace más que reforzar las defensas inmunitarias específicas del individuo.
- la manipulación de concentraciones de microorganismos a las cuales también podría aplicarse el ejemplo anterior.
- la producción de aerosoles. Los manipuladores deben prestar mucha atención a las técnicas susceptibles de producir aerosoles.

El riesgo de contaminación por aerosoles está en función del tamaño de las partículas emitidas, de su sedimentación más o menos rápida, de la viabilidad del microorganismo en el aire, de la concentración del cultivo y, finalmente, del volumen del aerosol formado.

Procede, en este momento, establecer las definiciones contempladas en el artículo 2 del Real Decreto 664/1997, como sigue:

* **Agentes biológicos**: son microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

* **Microorganismo**: es toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético.

* **Cultivo celular**: es el resultado del crecimiento: "in vitro" de células obtenidas de organismos multicelulares.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS AGENTES BIOLÓGICOS

1. Características de los agentes biológicos más comunes.

Virus

Son las formas de vida más simples, están constituídas únicamente por material genético: ADN o ARN y una cápside o cubierta protéica.

Son parásitos obligados, es decir, precisan de un huésped para poder reproducirse.

La infección la llevan a cabo inyectando su material genético en las células del huésped. Una vez en su interior se sirven de la maquinaria biológica del huésped para producir copias de sí mismos hasta lograr su total recomposición y en un número tal que rompe las membranas celulares pasando así a infectar nuevas células.

Bacterias

Son organismos más complejos que los virus y a diferencia de ellos son capaces de vivir, en un medio adecuado, sin la necesidad de un huésped para completar su desarrollo. De todos modos un buen número de ellas son patógenos para el hombre.

Es de destacar la capacidad de elaborar esporas que presentan algunas bacterias. Las esporas no son más que formas de vida resistentes a condiciones adversas. Pueden resistir, durante años incluso, altas temperaturas, sequedad, falta de nutrientes, etc..., recuperando su estado normal y capacidad infectiva al entrar en contacto con un medio adecuado para su desarrollo.

Protozoos

Son organismos unicelulares siendo algunos de ellos parásitos de los vertebrados.

Su ciclo vital es complejo, necesitando, en algunos casos, de varios huéspedes para completar su desarrollo. La transmisión de un huésped a otro la realizan habitualmente insectos.

Hongos

Son formas complejas de vida, que presentan una estructura vegetativa denominada micelio que está formada por **hifas** (estructuras filiformes por las que circula el citoplasma plurinucleado). Esta estructura vegetativa surge de la germinación de sus células reproductoras o esporas.

Su hábitat natural es el suelo, pero algunos componentes de este grupo son parásitos tanto de hombres y animales como de vegetales.

Helmintos

Son organismos pluricelulares con ciclos vitales complejos y con diversas fases en su desarrollo. Así, es frecuente que completen cada una de sus fases de desarrollo (huevo-larva-adulto) en diferentes huéspedes (animales, hombre), y que la transmisión de un huésped a otro sea realizada por diferentes vectores (agua, alimentos, insectos, roedores…).

Artrópodos

Son organismos pluricelulares con ciclos vitales complejos y con diversas fases en su desarrollo, (huevo-larva-adulto) fases que pueden ser completadas en diversos huéspedes siendo transmitidas de unos a otros por varios vectores.

Algunas especies de artrópodos son endoparásitos, es decir, atraviesan la superficie del cuerpo.

Otras especies no penetran en el organismo sino que viven temporalmente sobre él, pudiendo causar el efecto adverso para la salud al inocular en el huésped toxinas que producen diversas modificaciones patológicas.

Hechas estas consideraciones generales hemos de tener presente que, de acuerdo con HERNANDEZ, A., los contaminantes ambientales de procedencia biológica (bioaerosoles) están constituídos por las partículas, las moléculas de tamaño grande, o los compuestos orgánicos volátiles que están vivos o que proceden de un organismo vivo. En los bioaerosoles se pueden encontrar los microorganismos (cultivables, contables y los microorganismos muertos), y los fragmentos, toxinas y partículas producto de los desechos de todo tipo, cuyo origen es la materia viva.

2. Factores que pueden influenciar la acción de los agentes biológicos

La supervivencia, reproducción y dispersión al aire de los contaminantes biológicos dependen, en gran medida, de las condiciones del entorno en que se encuentran. Factores tales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire, la luz, las fuentes de alimento y, por descontado, su presencia, van a determinar el grado en que los contaminantes biológicos se encontrarán en un ambiente.

En general, las temperaturas bajas inhiben el crecimiento de muchos microorganismos; no obstante, algunos de ellos (por ejemplo, mohos y levaduras), se desarrollan bien en ambientes fríos. Otras especies microbianas (por ejemplo, Aspergillus, Legionella pneumophila, etc.) alcanzan su desarrollo óptimo a temperaturas elevadas.

Los ambientes muy húmedos favorecen el desarrollo de los hongos, de las bacterias y de los ácaros del polvo doméstico. El movimiento del aire contribuye al transporte, mantenimiento y paso al aire de los contaminantes biológicos procedentes del exterior o contenidos en un reservorio del interior.

El grado y tipo de luz también pueden favorecer o inhibir el desarrollo de los microorganismos. Por ejemplo, la luz ultravioleta inhibe dicho crecimiento y la ausencia de luz impide la formación de esporas de algunos hongos (Alternaria sp.).

Los organismos vivos precisan de nutrientes para su supervivencia y desarrollo; éstos son muy variados pero, resumiendo, se podría decir que el agua y la materia orgánica son los dos recursos principales de que se sirven estos organismos para vivir. Por lo tanto, todos aquellos materiales y estructuras en las que se reúnan esas dos condiciones pueden ser considerados como substratos colonizables por los microorganismos.

Una vez que los microorganismos se han asentado en un substrato (reservorio) e iniciado su desarrollo (amplificación), su paso al aire (diseminación), estará condicionado por varios factores, como pueden ser: su arrastre provocado por el movimiento del aire, de las personas o de la maquinaria; la alteración del reservorio

debida, principalmente, a obras de demolición, al movimiento de tierras o a las operaciones de limpieza

3. Vías de entrada.

Muchos de los procesos propios de los sectores de actividad en que los contaminantes biológicos están presentes son susceptibles de producir polvo y aerosoles a los que, habitualmente, irán asociados los microorganismos.

La exposición y subsiguiente infección de un individuo por un agente biológico puede tener lugar por varias vías:

- A través del aparato respiratorio, con un poder epidemiogénico importante, como por ejemplo el bacilo de Koch (también puede serlo por vía digestiva), el de la difteria, el citomegalovirus, los rinovirus y las esporas de hongos.
- A través de la piel o de las mucosas. Esta penetración se ve muy favorecida si el estado de integridad de la piel es deficiente, existiendo cortes y heridas.
- A través del aparato digestivo (enterovirus, enterobacterias, helmintos y protozoos), por una inadecuada limpieza de las manos, onicofagia, consumir bebidas y comidas y fumar en el lugar de trabajo. El virus de la hepatitis A, por ejemplo, se transmite principalmente por la vía fecal-oral,a través de alimentos y bebidas contaminadas, al ser excretado por el organismo por vía fecal.
- Vía parenteral, generalmente de forma accidental, como sucede con arbovirus, Brucella, y el virus causante de la rabia, entre otros, a traves de pinchazos con agujas o bisturíes contaminados con sangre de pacientes infectados, en partes de la piel donde existan pequeños cortes o abrasiones y por contacto con las prendas o equipos contaminados con sangre fresca.
- Por vía ocular (conjuntiva). La contaminación se produce por la proyección de aerosoles (salpicaduras) infectados sobre la mucosa ocular, a traves de los oculares de los microscopios u otros aparatos opticos contaminados, así como por la proyección de gotas de medios de cultivo infecciosos.
- Por vectores específicos en la transmisión de determinados gérmenes, como por ejemplo arbovirus y protozoos, se hace posible que resulten infectados individuos de la población general. Estos vectores, esenciales para la multiplicación y mantenimiento de algunos gérmenes, hacen posible su transmisión indirecta.

Dado que de todas ellas es la vía respiratoria la de mayor probabilidad procede que nos detengamos a hacer alguna consideración:

La persona inhala de 10 a 20 m^3 de aire diariamente y el tracto respiratorio facilita una inmejorable entrada y depósito de bioaerosoles. Una vez depositados, los microorganismos pueden multiplicarse localmente o entrar por absorción al torrente sanguíneo. El organismo humano dispone de muchos mecanismos de defensa, pero los microorganismos pueden y de hecho causan un gran número de enfermedades, bien por inhalación o por contacto.

En el caso de aerosoles, el riesgo depende tanto de la concentración como del tamaño de la partícula. Las defensas naturales del organismo son un freno a la entrada de partículas, pero tienen un límite en cuanto a su tamaño. En general, las partículas menores de 10µ pasan las primeras defensas y pueden ir depositándose en el tracto respiratorio, los pulmones y las zonas de intercambio gaseoso.

Hay que tener en cuenta que el límite de la visión humana es de 50µ por tanto, la mayoría de los contaminantes que pueden penetrar en el aparato respiratorio son totalmente invisibles al ojo.

Las partículas mayores de 5µ y menores de 10µ pueden ser expulsadas ocasionalmente de la tráquea y bronquios; sin embargo, las menores de 5µ penetran profundamente en los pulmones.

Por último hemos de tener presente que las dosis infectivas para el hombre varían con el agente biológico, la vía de entrada y la resistencia del huesped, es decir, el grado de integridad de sus sistemas defensivos.

4. Principales procesos transmisibles según sus vias de entrada.

Nos limitaremos a considerar solamente las vias mas habituales:

Procesos transmitidos por vía aérea

1.- *Procesos a partir de animales:*

a) Víricos: enfermedad de Newcastle, enfermedades por Poxvirus, Enterovirus y Arbovirus.
b) Bacterianos: fiebre Q (rickettsiosis); ornitosis o psitacosis (por Chlamydia), enfermedad de los cardadores de lana o enfermedad de los traperos por el bacilo del carbunco, brucelosis.

2.- *En laboratorios*, además de la transmisión a partir de animales de laboratorio enfermos, de las inoculaciones accidentales y del contacto con especímenes contaminados, cabe la propagación aérea de virus por aerosoles.

3.- *Contagios interhumanos*, a partir de pacientes atendidos por trabajadores sanitarios o a partir de compañeros de trabajo.

a) Viriasis de pacientes asistidos en hospitales hacia el personal que los atiende. Especial riesgo suponen las viriasis de las enfermedades exantemáticas para las mujeres, por los efectos que pueden producirse sobre el feto en caso de gestación.
b) Entre los procesos bacterianos destaca la tuberculosis por inhalación entre profesionales sanitarios.

4.- *Inhalación de polvo con hongos, sin que necesariamente haya una fuente animal o humana de partida*: reacciones de hipersensibilidad alérgica a esporas de actinomicetos y aspergilos (enfermedad del cáñamo), coccidioidomicosis, histoplasmosis.

Procesos transmitidos por contacto cutáneo o heridas en la piel

1.- *Por heridas e inoculaciones producidas por animales:*

– Víricos: rabia, enfermedad por arañazo de gato
– Bacterianos: tularemia y tétanos

2.- *Por contacto directo o por agresiones de animales:*

a) Víricos: enfermedad por arañazo de gato, dermatitis pustulosa contagiosa, orf. o ectima infeccioso, nódulo de los ordeñadores, seudoviruela o paravaccinia.
b) Bacterianos: introducidos a través de lesiones cutáneas contaminadas: brucelosis, tularemia.
c) Dermatofitosis o tiñas, por hongos superficiales.
d) Procesos parasitarios: equinococosis o quiste hidatídico y toxoplasmosis.

3.- Procesos de origen animal mediados por materiales contaminados:

a) Bacterianos: tétanos, carbunco, ántrax o pústula maligna, leptospirosis, erisipeloide, lesiones locales por micobacterias.
b) Dermatofitosis.
c) Parasitismos: erupción serpiginosa o larva migrans cutánea.

4.- Por contacto con el agua o la tierra (aparte de varias del grupo anterior):

a) Inoculación de hongos de ubicación subcutánea a partir de la tierra: micetoma, esporotricosis y cromoblastomicosis.
b) Enfermedades parasitarias debidas a gusanos: esquistosomiasis o prurito del nadador, anquilostomiasis, ascaridiasis.

5.- Transmitidos por artrópodos:

a) Ya de por sí constituyen enfermedad las agresiones de los ácaros, niguas y garraptas, en forma de ectoparásitos.
b) Procesos bacterianos: fiebre botonosa mediterránea y fiebre maculosa de las Montañas Rocosas (debidas a Rickettsias), turalemia, peste.

6.- A partir de reservorios o fuentes humanas:

a) Víricos: hepatitis víricas tipos B y C, infección por VIH.
b) Bacterianos, por dermatitis escoriativas, heridas y abrasiones de la piel, contaminada, por lo general, por estafilococos y estreptococos, micobacterias, a modo de lesión local cutánea.
c) Procesos por hongos: dermatofitosis de reservorios humanos, con manifestaciones variadas (pie de atleta, localizaciones en uñas, inguinal, cuerpo, cuero cabelludo, etc.), candidiasis.

Procesos transmitidos por la sangre

La exposición laboral a los patógenos transmitidos por la sangre (transmisión hemática) puede ocurrir de diversas formas, ya comentadas en paginas anteriores.

El riesgo de transmisión profesional durante el cuidado de personas con una afección muy grave pero poco frecuente como la infección por VIH (virus de la inmunodeficiencia humana, causante del síndrome de inmunodeficiencia adquirida SIDA), ha comportado una movilización más importante que la que habían suscitado los riesgos ligados al virus de la hepatitis B (VHB), mucho más frecuentes y colectivamente más graves en términos de morbilidad y de mortalidad para las profesiones dedicadas al cuidado de enfermos. Actualmente existe también mucha preocupación en el ámbito sanitario para la protección frente al virus de la hepatitis C (VHC)

En cuanto a los colectivos laborales expuestos al riesgo de contaminación con patógenos hemáticos MARTÍ M.ª C. y cols, establecen la siguiente lista abierta, que podrá ser objeto de revisión cuando se disponga de nuevos criterios de valoración del riesgo:

Profesionales de la salud y trabajadores que realizan su actividad laboral en las instituciones de la red sanitaria: bancos de sangre, centros de atención primaria, cuidado de la salud a domicilio, hospitales

Trabajadores de instituciones cerradas: cárceles, centros de rehabilitación de toxicómanos, centros de acogida.

Trabajadores que pueden prestar primeros auxilios: bomberos, agentes de seguridad, socorristas, conductores de ambulancias.

Trabajadores de diferentes profesiones: trabajadores de centros docentes riesgo puntual, investigadores y científicos, empleados de los servicios funerarios, limpieza doméstica, viaria, edificios públicos, lavanderías, forenses, funcionarios de aduanas, trabajadores de alcantarillas, empleados de recogida de basuras, especialmente sanitarias

5. Clasificación de los agentes biológicos.

De acuerdo con lo establecido en el **artículo 3** del ya mencionado Real Decreto y con MARTÍ, M.ª C. y cols; HERNÁNDEZ, A. y CONSTANS, A. podemos clasificar los agentes biológicos, en función del riesgo de infección, en los **4 grupos** de la tabla 13-1:

CATEGORÍA	DEFINICIÓN	EJEMPLOS
GRUPO 1	Agente biológico que resulta poco problable que cause enfermedad en el hombre	La clasificación comunitaria no incluye los agentes biológicos del grupo 1, el hecho de que un agente biológico no esté clasificado en los grupos de riesgo 2 a 4 de esta clasificación, no significa que estén implícitamente clasificados en el grupo 1.
GRUPO 2	Agente patógeno que reúne las siguientes características: * puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores; es poco probable que se propague a la colectividad; existen generalmente profilaxis o tratamientos eficaces.	Bacterias: Legionella pneumophila Virus: virus de la gripe Hongos: Penicillium sp.
GRUPO 3	Agente patógeno que: * pueda causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores; existe el riesgo de que se propague a la colectividad, pero existen, generalmente, profilaxis o tratamientos eficaces.	Bacterias: Mycobacterium tuberculosis Virus: virus de la Hepatitis B Hongos: Histoplasma capsulatum
GRUPO 4	Agente patológico que: * causa una enfermedad grave en el hombre y suponga un serio peligro para los trabajadores; existen muchas probabilidades de que se propague en la colectividad; no existen generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaces.	Bacterias: No hay ninguna clasificada en este grupo Virus: virus de Ébola Hongos: No hay ninguno clasificado en este grupo

Tabla 13-1: CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS

El **Anexo II** del R.D. presenta una lista de agentes biológicos de los grupos 2, 3, ó 4, proporcionando, además, las siguientes indicaciones adicionales bajo la consiguiente simbología:

A: posibles efectos alérgicos.
D: la lista de los trabajadores expuestos al agente debe conservarse durante más de 10 años después de la última exposición.
T: producción de toxinas.
V: vacuna eficaz disponible.
(*) Normalmente no infeccioso a través del aire
"**spp**": otras especies del género, además de las explícitamente indicadas, pueden constituir un riesgo para la salud.

EPIDEMIOLOGÍA DE LOS PROCESOS DE ORIGEN BIOLÓGICO EN EL MEDIO LABORAL.

Los procesos transmitidos en el medio profesional suelen vehicularse por estos mecanismos:

1. En muchas ocasiones son *zoonosis*, enfermedades condicionadas por la existencia de un animal superior que hace el papel de huésped, a partir del cual se propagan al nuevo huésped, que es el trabajador que tiene algún tipo de relación con ese animal o sus productos derivados.
2. En muchos casos, aunque no siempre, las *zoonosis* se propagan por *artrópodos* que actúan como vectores o huéspedes intermediarios entre el animal y el trabajador, tomando el agente del primero e inoculándolo en el segundo.
3. En otras ocasiones se trata de una transmisión a partir de otros seres humanos huéspedes del agente en cuestión. Fundamentalmente la transmisión se produce por medio del aire o por utensilios o dispositivos de uso personal y de uso compartido. Los contagiantes pueden ser compañeros de trabajo portadores del agente, aunque aparentemente sanos y otras veces personas enfermas atendidas por los mismos trabajadores.
4. Otra fuente de riesgo es la *manipulación de productos contaminados*, llegando los seres vivos al organismo del manipulador por contacto, heridas o simple desprendimiento al aire ambiente.

Las enfermedades por hongos aparecen especialmente en el trabajo agropecuario, según diversas formas:

a) Los llamados "hongos superficiales" como las dermatofitosis, del grupo tínea (tiñas), por simple contacto.
b) Los hongos subcutáneos penetran por heridas (micetoma, esporotricosis, cromoblastomicosis)
c) Los "hongos profundos" originan enfermedades sistémicas, en cuya aparición pueden intervenir: hongos oportunistas, llamados así porque, estando muy difundidos aprovechan un deterioro de las defensas para invadir al afectado (por ejemplo, candidiasis, aspergilosis); hongos no oportunistas, como en la histoplasmosis y coccidioidomicosis; e incluso puede darse el caso de hongos superficiales y subcutáneos o profundos.
d) Reacciones de hipersensibilidad a antígenos fúngicos inhalados con el polvo, provocando neumonitis tipo asma.

Se encuentran especialmente predispuestos a sufrir enfermedades infecciosas y parasitarias aquellos que no están previamente inmunizados, como es el caso de trabajadores procedentes de zonas geográficas diferentes a aquellas a las que fueron a desarrollar su trabajo, y que por ello no tuvieron ocasión hasta entonces de contactar con el agente e inmunizarse.

Las reacciones tóxicas y alérgicas pueden producirse cuando el operario se expone a los productos causantes en lugares como laboratorios, factorías que procesan productos orgánicos o en el medio agropecuario.

También en el trabajo agrario y con animales es donde se da la ocasión a agresiones animales.

PATOLOGÍA LABORAL PRODUCIDA POR AGENTES BIOLÓGICOS

Se debe hacer referencia al Decreto 1995/78 de 12 de Mayo que en su apartado D establece **las enfermedades profesionales infecciosas y parasitarias** como sigue:

1. Helmintiasis, anquilostomiasis duodenal, anguilulosia:

   Trabajos subterráneos, túneles, minas, galerías, cuevas de champiñones, etc.

   Trabajos en zonas pantanosas, arrozales, salinas.

2. Paludismo, amebiasis, tripanosomiasis, dengue, fiebre papataci, fiebre recurrente, fiebre amarilla, peste, leishmaniosis, pian, tifus exantemático y otras rickettsiosis:

   Trabajos en zonas donde estas afecciones son endémicas.

3. Enfermedades infecciosas o parasitarias transmitidas al hombre por los animales o por sus productos y cadáveres (para el tetanos se incluirán también los trabajos con excretas humanas o animales).

   Trabajos susceptibles de poner en contacto directo con animales, vectores o reservorios de la infección o sus cadáveres.

   Manipulación o empleo de despojos de animales.

   Carga o descarga de transportes y manipulación de productos de origen animal.

   Personal al servicio de laboratorios de investigación biológica o biológia clínica (humana o veterinaria), y especialmente los que comporten utilización o cría de animales con fines científicos.

   Personal sanitario al servicio de hospitales, sanatorios y laboratorios.

4. Enfermedades infecciosas y parasitarias del personal que se ocupa de la prevención, asistencia y cuidado de enfermos y en la investigación.
   Trabajos del personal sanitario y auxiliar que contacte con estos enfermos, en instituciones cerradas, abiertas y servicios a domicilio.
   Trabajos en laboratorios de investigación y de análisis clínicos.
   Trabajos de toma, manipulación o empleo de sangre humana o sus derivados y aquellos otros que entrañen contacto directo con estos enfermos (hepatitis vírica).

Así mismo han de tenerse presentes las O.M. de 12/01/63 y 15/12/65, aun vigentes en el apartado correspondiente a **enfermedades causadas por agentes animados** que reproducimos integramente:

Carbunco

I. El carbunco profesional con derecho a reparación por el seguro.

Cuando la enfermedad haya sido adquirida por contacto durante el trabajo con animales enfermos o sus cadáveres, manipulación de sus restos,comercio y manufacturas de pelos, lanas y pieles.

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Carbunco cutáneo, edema carbuncoso, carbunco gastrointestinal, carbunco pulmonar. Septicema carbuncosa.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

1. Ninguna en el sentido de exploración clínica preventiva.

En las tenerías y fabricas de brochas y pinceles que se haya presentado algún caso de carbunco, será preceptivo el examen de las pieles o pelos por la tecnica de precipitación de Ascoli y Valenti.

2. El resultado del reconocimiento previo, con su calificación,se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico del carbunco a los efectos del seguro

Valoración a través de anamnesis cuidadosa,estudio clinico y exploraciones complementarias precisas de los sintomas y signos locales y generales de la afección.Demostración de causalidad profesional (evidencia de contagio durante el trabajo).

V. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal durante el periodo de tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Tétanos

I. El tétanos profesional con derecho a reparación por el seguro.

Cuando la enfermedad haya sido adquirida por heridas sufridas durante el trabajo.

II.Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Tétanos general agudo.Las formas crónicas y parciales.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

Ninguna en el sentido de exploración clínica preventiva.

El resultado del reconocimiento previo, con su calificación,se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico del tétanos a los efectos del seguro

El examen clinico detenido y la evidencia de que la herida causante de la infección ha sido producida durante el trabajo.Pruebas específicas: aislamiento e identificación bacteriológica del Clostridium Tetani.

V. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal durante el tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Leptospirosis

I. Leptospirosis profesional con derecho a reparación por el seguro.

Cuando la enfermedad haya sido adquirida en el trabajo en lugares en que pueda ser factible el contacto con ratas y sus deyecciones(u otros animales contagiosos).

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Todos los que presenta la enfermedad.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

Ninguna en el sentido de exploración clínica preventiva.

El resultado del reconocimiento previo, con su calificación,se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico de la leptospirosis a los efectos del Seguro

Valoración a través de anamnesis cuidadosa,estudio clínico y exploraciones complementarias precisas,de los sintomas y signos de la afección. Demostración de causalidad profesional (contacto con animales contagiantes y, en especial, sus

deyecciones o lugares contaminados por éstas).Pruebas específicas: hallazgo de leptospiras en sangre y orina, positividad valorable de las seroaglutinaciones, reacción de fijación del complemento, inoculación al cobayo.

V. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal durante el periodo de tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Brucelosis

I. La brucelosis profesional con derecho a reparación profesional por el seguro.

Cuando la enfermedad haya sido adquirida por contacto con animales enfermos,sus excrecciones o el sacrificio o descuartizamiento de los mismos.

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Todos los que presenta la enfermedad,caracterizada por su polimorfismo clínico.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

Ninguna en el sentido de exploración clínica preventiva.

El resultado del reconocimiento previo, con su calificación,se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico de la brucelosis a los efectos del seguro

Valoración a través de anamnesis cuidadosa,estudio clínico y exploraciones complementarias precisas, de los síntomas y signos de la afección. Demostración de causalidad profesional (circustancias con evidente exposición al riesgo). Pruebas específicas: aislamiento e identificación de brucellas en sangre por hemocultivo, positividad valorable de las seroaglutinaciones, intradermorreacción con la melitina en las infecciones latentes.

V. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal durante el periodo de tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Tularemia

I. La turalemia profesional con derecho a reparación profesional por el seguro.

Cuando la enfermedad haya sido adquirida por desollar o descuartizar liebres, conejos, aves y otros animales silvestres enfermos. En el comercio de animales de caza. En las granjas o criaderos para el aprovechamiento de sus pieles. En el manejo directo de estas últimas. En los laboratorios bacteriológicos en que se trabaja con cultivos del Bacterium Turalensis.

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Todos los que presenta la enfermedad en sus formas ganglionar simple, ulceroganglionar,oculoganglionar y tífica,caracterizada por su polimorfismo clínico.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

Ninguna en el sentido de exploración clínica preventiva.

El resultado del reconocimiento previo, con su calificación, se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico de la turalemia a los efectos del seguro

Valoración ante el estudio clínico y las exploraciones complementarias precisas de las manifestaciones locales y generales de la afección.Demostración de causalidad profesional.Pruebas específicas: positividad de las inoculaciones al cobayo de las aglutinaciones séricas de la intradermorreacción.

V. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal durante el periodo de tratamiento,o,eventualmente, valoración de los trastornos funcionales residuales, en especial la ceguera en las formas oculoganglionares.

Tuberculosis Bovina

I. La tuberculosis bovina profesional con derecho a reparación profesional por el Seguro.

Cuando se adquiera en las labores y trabajos de cuidado del ganado vacuno, mataderos o manipulación de carnes,restos o desperdicios de reses.

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Tuberculosis en sus distintas localizaciones.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

1. Examen clínico, radiológico y analítico que evidencie el estado sanitario e inmunoalérgico y la ausencia de afección tuberculosa o de otras predisponentes o facilitantes de la aparición de un proceso fímico.
2. El resultado del reconocimiento previo, con su calificación, se hara constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para los reconocimientos periódicos.

1. En los reconocimientos periódicos, además de las exploraciones clínicas que el médico juzge pertinentes, se realizarán exámenes radiológicos y analíticos.
2. El ritmo de periodicidad de los reconocimientos será anual.

V. Normas para el diagnóstico de la tuberculosis bovina a los efectos del seguro

Valoración del examen clínico, radiológico y analítico y demostración evidente de exposición al riesgo previo al comienzo de la enfermedad y de causalidad profesional. Pruebas específicas: comprobación bacteriológica, por las técnicas habituales, del bacilo tuberculoso bovino o histopatológica de las lesiones.

VI. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal mientras dure el periodo de tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Anquilostomiasis y Anguilulosis

I. La anquilostomiasis y anguilulosis profesional con derecho a reparación por el seguro.

Cuando se adquieran en labores y trabajos en minas, túneles y galerías o en terrenos parasitarios.

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el Seguro.

Todos los que presenten estas parasitosis.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

1. Además del estudio clínico y exploraciones complementarias precisas,constará de examen parasitológico de heces para investigar los huevos o larvas de estos parásitos.
2. El resultado del reconocimiento previo, con su calificación,se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico de la anquilostomiasis y anguilulosis a los efectos del Seguro.

Valoración a través de anamnesis cuidadosa,estudio clínico y exploraciones complementarias precisas, de los sintomas y signos de la afección. Demostración de causalidad profesional (contacto con huevos o larvas en las condiciones ambientales adecuadas). Pruebas específicas: positividad de los estudios parasitológicos fecales.

V. Normas para la calificación de la capacidad

Incapacidad temporal mientras dure el periodo de tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Paludismo

I. El paludismo profesional con derecho a reparacion por el seguro.

Cuando se adquiera en labores y trabajos en zonas palúdicas por trabajadores desplazados a ellas.

II. Cuadros clinicos con derecho a reparación por el seguro.

Todos los que presenten estas parasitosis.

III. Normas para el reconocimiento previo al ingreso en el trabajo con posible riesgo de contagio.

1. Además del estudio clínico y exploraciones complementarias precisas, comprenderá: examen parasitológico en sangre,por frotis y gota gruesa,para investigar la presencia de estos parásitos, u otras reacciones serológicas indirectas especifícas.
2. El resultado del reconocimiento previo, con su calificación,se hará constar en la cartilla sanitaria del trabajador.

IV. Normas para el diagnóstico del paludismo a los efectos del Seguro.

Detenida anamnesis cuidadosa,estudio clínico y exploraciones complementarias necesarias para descubrir posible infección anterior y evidenciar taxativamente que la enfermedad actual ha sido adquirida en el ambiente de trabajo.Pruebas específicas: positividad de los estudios parasitológicos fecales, estudio parasitológico en sangre por frotis y gota gruesa.

V. Normas para la calificación de la capacidad.

Incapacidad temporal mientras dure el periodo de tratamiento.

Eventual valoración de los trastornos funcionales residuales.

Por último, se reseñan las **actividades** consideradas **con riesgo biológico** que aparecen en el **Anexo I** del Real Decreto que estamos considerando y son las siguientes:

* Trabajos en centros de producción de alimentos.
* Trabajos agrarios.
* Actividades en las que existe contacto con animales o con productos de origen animal.
* Trabajos de asistencia sanitaria, comprendidos los desarrollados en servicios de aislamiento y de anatomía patológica.
* Trabajos en laboratorios clínicos, veterinarios, de diagnóstico y de investigación, con exclusión de los laboratorios de diagnóstico microbiológico.
* Trabajos en unidades de eliminación de residuos.
* Trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales.

EL RIESGO BIOLÓGICO EN DIFERENTES LABORATORIOS

Los laboratorios que, por su función, aislan, caracterizan o estudian cepas de bacterias o de virus, conocen los riesgos a que están expuestos como ocurre con los laboratorios de microbiología. Este conocimiento de los riesgos permite la adquisición de material apropiado, el diseño de procedimientos seguros y la formación técnica específica de los trabajadores, tanto la permanente como la de los recien llegados al laboratorio. Todo ello minimiza los factores de riesgo, aunque, por descontado, no los elimina totalmente, ya que todas las tareas que se realizan en los laboratorios de microbiología, desde la recepción de muestras hasta la eliminación de éstas o de sus cultivos entrañan riesgos de infección para el personal que manipula estos materiales y , a veces, para el resto del personal del establecimiento,si bien estos no son iguales para todo el personal, afectándose más frecuentemente enfermeras, técnicos de laboratorio y facultativos, ni en todos los laboratorios, dependiendo de la peligrosidad de los gérmenes con que trabajen.

1. Laboratorios de análisis clínicos

En este tipo de laboratorios podemos encontrar exposición a riesgos biológicos inesperados, ya que cualquier muestra biológica que reciben puede ser portadora de cualquier agente biológico. La variedad de muestras y el proceso de su clasificación

pueden provocar un aumento del riesgo de infección si no se trabaja con las precauciones adecuadas. Por esto es muy importante sentar el principio de que todas las muestras biológicas deben manejarse como si fueran infecciosas.

2. Laboratorio clásico de bacteriología

Se entiende como tal aquel en donde se realizan básicamente trabajos de diagnóstico, aislamiento y producción bacteriana.

Se pueden distinguir dos tipos de laboratorios:

* *Laboratorios de investigación que tratan agentes infecciosos enteros e intactos:* Para evaluar los posibles riesgos es necesario conocer la secuencia de manipulación. Los **riesgos** que nos podemos encontrar son:
  - proyeccciones al flamear el asa de platino y durante la congelación-descongelación.
  - ruptura de la cadena de esterilidad con el consiguiente riesgo de contaminación; debiendo tenerse particular atención en la manipulación con los tipos de centrifugas, los tubos utilizados, el aislamiento de la sala, los métodos de apertura de centrífugas y tubos, etc.
  - los aerosoles.

  El peligro de contaminación bacteriológica desaparece en el momento de la esterilización del residuo, siempre que se haga correctamente.
* *Laboratorios que no utilizan agentes infecciosos intactos*: Pueden aparecer otros riesgos como:
  - los ligados a las técnicas clásicas del estudio bioquímico de las proteínas, en particular a las toxinas bacterianas.
  - el ligado a la infectividad de los ácidos nucléicos virales purificados

3. Laboratorios no expertos en microbiología.

* *Ingeniería genética y biotecnología.*

Hay que tener en cuenta que se trata de laboratorios, en principio, no especializados en la manipulación de agentes patógenos.

Los factores de riesgo se podrían reunir en los 2 grupos siguientes:

- Investigación de células aptas para la producción de alguna sustancia en particular; pudiendo tratarse de bacterias, virus, hongos o bien de cultivos de células vegetales, animales o humanas.
- Utilización de vectores muy potentes, a menudo derivados de virus oncogenes.

* *Otros laboratorios en los que la actividad que se realiza no entraña la intención deliberada de manipular o utilizar agentes biológicos, como son:*

- Laboratorios de análisis.
- Laboratorios relacionados con centros de producción de alimentos y productos de origen animal.
- Laboratorios relacionados con trabajos agrarios.
- Laboratorios veterinarios.
- Laboratorios relacionados con la eliminación de resíduos.
- Laboratorios de instalaciones depuradoras de aguas residuales
- Laboratorios de Anatomía patológica y relacionados

4. Experimentación animal

Pueden ser clasificados en 2 grupos según su origen:

- los procedentes de los propios animales, portadores de una contaminación, y
- los resultantes de la investigación realizada con estos animales.

Se suelen derivar de la ruptura de la esterilidad en los procesos de trabajo a diversos niveles:

– durante la inoculación de los animales mediante jeringas y agujas con riesgo de pinchazos, proyecciones o formación de aerosoles.
– ligados al propio animal contaminado: zarpazos, mordeduras, expectoraciones, etc.
– a partir de animales no inoculados pero portadores de parásitos, virus o bacterias.
– ligados a la manipulación de desechos, deyecciones, establos contaminados, jaulas, etc.
– desconocimiento de la forma de contaminación del animal al hombre.

Debe considerarse tanto las enfermedades de los animales transmitidas al hombre como la alergía a animales de experimentación con prevalencias entre el 10 y 35% de los trabajadores de laboratorio.

5. Riesgos relacionados con los cultivos celulares

Pueden afectar tanto a los propios trabajadores como a su entorno creando así nuevos problemas. Se pueden citar los siguientes riesgos:

- uso de medios de cultivo, factores de crecimiento o sueros.
- los asociados a la extracción de las células de los organismos y los derivados de las consecuencias de la conservación de las cepas.

Una vez revisados, someramente, los riesgos biológicos en distintos tipos de laboratorios, estamos en condiciones de presentar la clasificación de laboratorios por niveles de riesgo (Tabla 13-2):

Grupo de riesgo	Clasificación del laboratorio	Ejemplos de laboratorio	Ejemplos de microorganismos
I Escaso riesgo individual y comunitario	Básico	Enseñanzas básicas	*Bacillus subtilis* *Escherichia coli K12*
II Riesgo individual moderado y comunitario limitado	Básico (con cámaras de bioseguridad o, si es necesario, otros dispositivos apropiados de protección personal o contención física)	Servicios primarios de salud, hospital de nivel primario, consultorios de médicos, laboratorio de diagnóstico, enseñanza universitaria, laboratorio de salud pública.	Salmonella tiphy Virus de la Hepatitis B ***a*** *Mycobacterium tuberculosis* ***b*** Virus CML
III Riesgo individual elevado y comunitario escaso	Contención	Laboratorios de diagnóstico especializados	*Brucella spp* Virus de la fiebre de Lassa Histoplasma capsulatum
IV Elevado riesgo individual y comunitario	Contención máxima	Laboratorios que trabajan con agentes patógenos peligrosos.	Virus de Marburg Virus de la fiebre aftosa
a- Cuando se utilizan grandes cantidades o concentraciones elevadas o cuando las técnicas conllevan la producción de aerosoles, éstos y otros agentes deben trasladarse al grupo de riesgo III. ***b***- Comprende laboratorios de investigación en el nivel apropiado de grupo de riesgo.			

Tabla 13-2: CLASIFICACIÓN DE LOS LABORATORIOS POR NIVELES DE RIESGO (TOMADO DEL MANUAL DE BIOSEGURIDAD DE LA OMS, 1983)

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO BIOLÓGICO

Para evaluar el riesgo de biocontaminación deben tenerse en cuenta esencialmente, las características del microorganismo que se está manipulando como son:

Patogenicidad y virulencia

Los microorganismos **patógenos** son aquellos que son *capaces de producir una enfermedad* y **virulencia** es el número mínimo de gérmenes necesarios para producir una infección en un organismo normal (inmunocompetente). Son ejemplos de diferentes niveles de virulencia los siguientes: los arbovirus responsables de la encefalitis infectan con una unidad (un virus es suficente para producir una patología), mientras que en la tularemia, causada por francisella turalensis, son necesarias 10 unidades infectantes para aparecer clínicamente la enfermedad, y para que se produzca la salmonelosis de los mineros, se necesitan 105 unidades para producir la infección.

Estabilidad biológica

La estabilidad biológica de los microorganismos en el ambiente está determinada por su resistencia a la desecación, al calor, al frío y a los antisépticos. Por ejemplo, el virus de la hepatitis B puede sobrevivir varias semanas en el ambiente y resiste el calor hasta 60º C durante 10 horas.

Formas de transmisión

Ya tratado con anterioridad al hablar de vías de entrada.

Endemicidad

Se debe tener en cuenta la endemicidad del agente y, en consecuencia, el estado inmunitario de la población (el porcentaje de personas ya infectadas y portadoras de anticuerpos). La hepatitis B, por ejemplo, es un proceso de gran dimensión; la OMS estima que unos 2.000 millones de personas se infectan por el virus B, unos 350 millones alcanzan la condición de portadores crónicos y más de 2 millones mueren al año como consecuencia de esta infección. En España, donde la endemicidad es de grado medio en relación con el resto del mundo, la prevalencia de seropositividad es del 14-21% y la prevalencia de portadores crónicos oscila entre el 0.4% y el 1,5%.

Posibilidades de tratamiento

Así mismo, hay que considerar la posibilidad de tratamiento eficaz, que es más difícil para las infecciones víricas que para las bacterianas. Actualmente existe vacunación frente a la rabia, tétanos, hepatitis A, hepatitis B, polio y BCG (Bacilo de Calmette-Guérin), entre otras.

Hechas estas consideraciones y retomando la legislación vigente, es claro que *la evaluación de riesgos constituye una* **obligación del empresario** según establece el **artículo 16** de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales que en el caso que nos ocupa se recoge en el **Artículo 4** (1, 2 y 3) del Real Decreto 664/1997 que se reproduce literalmente:

Art. 4.- Identificación y evaluación de riesgos

1. De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 2 del Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, identificados uno o

más riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores.

Cuando se trate de trabajos que impliquen la exposición a varias categorías de agentes biológicos, los riesgos se evaluarán basándose en el peligro que supongan todos los agentes biológicos presentes.

2. Esta evaluación deberá repetirse periódicamente y, en cualquier caso, cada vez que se produzca un cambio en las condiciones que pueda afectar a la exposición de los trabajadores a agentes biológicos.

   Asimismo se procederá a una nueva evaluación del riesgo cuando se haya detectado en algún trabajador una infección o enfermedad que se sospeche que sea consecuencia de una exposición a agentes biológicos en el trabajo.

3. La evaluación mencionada en el apartado anterior se efectuará teniendo en cuenta toda la información disponible y, en particular:

   a) La naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores y el grupo a que pertenecen, de acuerdo con la tabla y criterios de clasificación contenidos en el anexo II. Si un agente no consta en la tabla, el empresario previa consulta a los representantes de los trabajadores, deberá estimar su riesgo de infección teniendo en cuenta las definiciones previstas en el primer apartado del artículo 3 del presente Real Decreto, a efectos de asimilarlo provisionalmente a los incluídos en uno de los cuatro grupos previstos en el mismo. En caso de duda entre dos grupos deberá considerarse en el de peligrosidad superior.

   b) Las recomendaciones de las autoridades sanitarias sobre la conveniencia de controlar el agente biológico a fin de proteger la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos a dicho agente en razón de su trabajo.

   c) La información sobre las enfermedades susceptibles de ser contraídas por los trabajadores como resultado de su actividad profesional.

   d) Los efectos potenciales, tanto alérgicos como tóxicos, que puedan derivarse de la actividad profesional de los trabajadores.

   e) El conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo.

   f) El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido, debido a circunstancias tales como patologías previas, medicación, transtornos inmunitarios, embarazo o lactancia.

INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO BIOLÓGICO

Hasta en tanto no esté elaborada por parte del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo la Guía Técnica "no vinculante" que contempla la Disposición Final Primera del Real Decreto que nos ocupa, podemos utilizar distintos instrumentos que, de menor a mayor complejidad y sin tener carácter excluyente, a continuación se citan:

Identificación del Riesgo

CHECK LIST:

Se propone un modelo en la tabla 13-3.

	SÍ	NO	NO SABE / NC
De acuerdo con la naturaleza del trabajo, se han identificado los potenciales agentes biológicos.			
Se evalúan los riesgos biológicos con motivo del ingreso del personal.			
Se evalúan los riesgos biológicos con motivo del cambio de puesto de trabajo.			
Se evalúan los riesgos biológicos periódicamente.			
Se conocen las enfermedades que pueden originar los microorganismos presentes en el centro de trabajo.			
Los trabajadores expuestos reciben formación adecuada y suficiente a sus responsabilidades que les permita desarrollar sus tareas y prevenir riesgos profesionales.			
Los trabajadores son informados del grado de peligrosidad de los contaminantes biológicos.			
Dispone la empresa del listado de trabajadores expuestos.			
Se sustituye la utilización de agentes biológicos muy nocivos por otros menos perjudiciales, si ello es posible.			
Se reduce al mínimo posible el número de trabajadores expuestos.			
Se han establecido procedimientos de trabajo adecuados para reducir el riegos biológico al nivel más bajo posible.			
Existen zonas diferenciadas que reunan los requisitos recomandables para manipular los distintos contaminantes biológicos.			
Se prohíbe comer y beber en las zonas de trabajo en las que hay presencia de agentes biológicos.			
Es obligatorio el uso de prendas de vestir y otros equipos de protección personal.			
Se proporciona a los trabajadores medios de protección individual.			
Se concede tiempo libre para el aseo personal antes de las comidas y de abandonar el puesto de trabajo.			
Los locales son objeto de la necesaria limpieza, desinfección y desinsectación.			
Las medidas de contención empleadas son las adecuadas de acuerdo con el tipo de agente biológico.			
El centro de trabajo dispone de instalaciones sanitarias adecuadas (duchas, vestuarios, lavabos, etc.) y áeras de descanso (comedor o zona de fumadores).			
Se evita que los trabajadores expuestos a riesgos biológicos puedan sufrir cortes, pinchazos, arañazos, etc.			
Los trabajadores reciben vacunación especifíca.			
Los trabajadores son informados sobre la evaluación y sus resultados.			
Los trabajadores son informados sobre las medidas correctoras.			
Se efectúa la notificación a la autoridad de los tipos de agentes biológicos y del listado de los trabajadores expuestos.			
Se hacen reconocimientos médicos previos.			
Se hacen reconocimiento médicos puntuales.			
Se ha establecido un plan de emergencia frente a accidentes mayores.			
Existe un programa de gestión de residuos (clasificado, etiquetado y tratamiento).			
Está definido un protocolo de primeros auxilios y disponen de medios para llevarlo a cabo.			

Tabla 13-3: CHECK LIST

Encuesta higienica

Pasa por las etapas siguientes:

- Descripción del puesto de trabajo: supone el estudio del proceso de trabajo y tareas llevadas a cabo en el puesto/s objeto de estudio.
- Evaluación de los problemas higienicos: Tomando en consideración los datos aportados por los trabajadores y la observación del puesto/s de trabajo y utilizando criterios de referencia.
- Elaboración de conclusiones.

Toma de Muestras

Se realiza de acuerdo con diversas variables, como las que se indican en la Tabla 13-4:

SECTOR	LUGARES DE MUESTREO	POSICIÓN DE LA TOMA	OPERACIÓN INICIAL N.º DE MUESTRAS	CONTROL DE RUTINA N.º DE MUESTRAS
HOSPITALES	Quirófanos	Lo más próximo a la mesa de operación móvil	1 todos los días las dos primeras semanas	1 cada 15 días
	Cuidados intensivos	Lo más próximo a la mesa de operación móvil	2 todos los días, las dos primeras semanas	1 todas las semanas
	Sala de partos	Lo más próximo a las mesas de partos	1 diaria las tres primeras semanas	1 todas las semanas
	Salas de consulta	Emplazamientos diversos	1 diaria las tres primeras semanas	1 todos los meses
	Cocinas	Emplazamientos diversos	1 diaria las tres primeras semanas	1 todos los meses
	Lavadero	En los puntos de entrega y retirada	1 diaria las tres primeras semanas	1 todos los meses
	Dispensarios	Móvil	1 todos los días las dos primeras semanas	1 cada 15 días
INDUSTRIA ALIMENTARIA	Zonas de fermentación	Lo más próximo área de trabajo	1 diaria las tres primeras semanas	1 todas las semanas
	Almacenes	Emplazamientos diversos	1 diaria las tres primeras semanas	1 todos los meses
LABORATORIOS DE BACTERIOLOGÍA	Campana	En el centro de flujo laminar	1 todos los días las dos primeras semanas	1 todas las semanas
	Laboratorio	Emplazamientos diversos	1 todos los días las dos primeras semanas	1 todos los meses
DESINFECTANTES	Controles de eficacia, desinfección y lugares de muestreo	Emplazamientos diversos	todos los días, las dos primeras semanas	Muestreos repetitivos cada hora antes y depués de la desinfección
INDUSTRIA COSMÉTICA Y FARMACÉUTICA	Cámara estéril	Lo más próximo al área de trabajo	1 diaria, la primera semana	2 todas las semanas
	Producción antibióticos	Lo más próximo al área de trabajo	1 diaria las dos primeras semanas	3 todas las semanas

Tabla 13-4: VARIABLES UTILIZADAS EN LA TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras puede llevarse a cabo mediante alguno/s de los siguientes metodos de muestreo:

Sedimentación

Este método consiste en ubicar placas de Petri, conteniendo medio de cultivo adecuado, en aquellas zonas escogidas para el muestreo.

Tras el periodo de muestreo se recogerán placas y se procesarán según las técnicas analíticas microbiológicas más apropiadas.

Recogida en medio acuoso (impingement)

Consiste en hacer borbotear un volumen de aire a través de una solución isotónica contenida en un frasco lavador y la posterior determinación cuantitativa por los métodos microbiológicos habituales.

Filtración

Consiste en filtrar un volumen de aire a través de filtros de gelatina, incubándolos posteriormente sobre medios de cultivo apropiados.

Impactación

Este método se basa en la retención de microorganismos libres o de microorganismos aerotransportados, adheridos a partículas de polvo, en placas conteniendo medios de cultivo. Utiliza alguno de los siguientes sistemas:

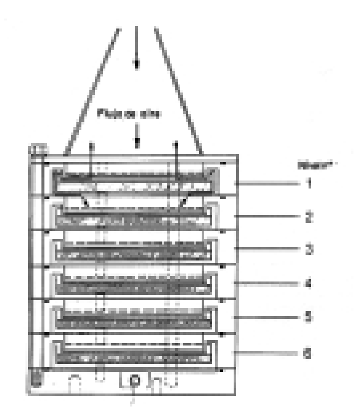


Figura 13-1

** Recolector de Andersen*

Un volumen de aire es forzado a pasar a través de 6 niveles en los que se encuentran placas con medio de cultivo.

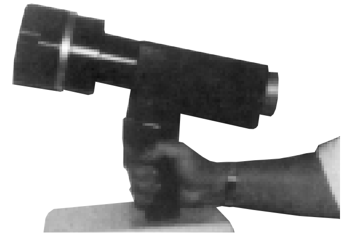
La velocidad del aire aumenta de nivel en nivel consiguiéndose una separación por tamaño de partícula.


Figura 13-2

** Recolector RCS (Reuter centrifugal system)*

Un volumen de aire es impulsado por una hélice sobre una cinta de plástico portadora de alveolos yuxtapuestos que contienen el medio de cultivo adecuado.

Partículas y microorganismos aerotransportados son proyectados por acción de la fuerza centrífuga sobre el medio de cultivo.


Figura 13-3

** SAS (Surface Air System)*

Un volumen de aire es aspirado y conducido a través de una superficie perforada sobre una placa conteniendo un medio de cultivo adecuado (Placa Rodac).

En la tabla 13-5 se resumen las principales ventajas y desventajas de los diferentes muestreadores ambientales de contaminantes biológicos.

	SEDIMENTACIÓN	RECOGIDA EN MEDIO ACUOSO	FILTRACIÓN	IMPACTACIÓN		
	PLACA PETRI	IMPINGER		ANDERSEN	RCS	SAS
BAJO COSTO	SI			NO		
MANEJABILIDAD	SI	SI		NO	SI	SI
DESECACIÓN	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MEDICIONES CUANTITATIVAS	NO	SI	SI	SI	SI	SI
CONTAMINACIÓN		SI	SI			
SEPARACIÓN POR TAMAÑO DE PARTÍCULA	NO	NO	NO	SI	NO	NO
REPRODUCTIVIDAD		SI	SI	SI	SI	SI
INDEPENDENCIA DE LA RED		SI	SI	SI	SI	SI
PREPARACIÓN PROPIA DE MEDIOS DE CUTIVO	SI	SI		SI	NO	SI
PROGRAMACIÓN TIEMPO/VOLUMEN DE MUESTREO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
VALORACIÓN DE AMBIENTES ASEPTICOS	NO	SI	NO	NO	SI	SI

Tabla 13-5: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MUESTREADORES AMBIENTALES DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Muestreo de superficie

** Placa de contacto*

Esta placa que contiene un medio de cultivo adecuado, en ligero exceso, se coloca sobre la superficie a muestrear; presionando sobre la misma y manteniéndola inmóvil durante el contacto.

La base de la placa se halla reticulada y presenta una superficie de dimensiones conocidas.

** Frotis (Swab-rinse)*

Este método se basa en la utilización de torundas estériles de algodón, que nos permiten muestrear zonas de difícil acceso para las placas de contacto.

Las torundas de algodón se colocan posteriormente sobre un medio de cultivo adecuado.

Manipulación, transporte, almacenamiento y eliminación de las muestras

En la mayoría de los métodos de muestreo contemplados el soporte en que se recogen los contaminantes biológicos es una placa que contiene un medio de cultivo que permitirá el crecimiento de los contaminantes biológicos captados.

Es evidente que en el medio ambiente y en las manos de la persona que ha de tomar las muestras están presentes microorganismos inocuos para el hombre pero que pueden

ser una importante fuente de error en la medición si, debido a que la manipulación de dichos soportes es incorrecta, estos microorganismos pueden crecer en el medio de cultivo falseando los resultados obtenidos. Por ello mencionaremos los puntos a tener en cuenta para evitar esos errores:

– *Esterilización de soportes y medios de cultivo utilizados.*
– *Desinfección del equipo de muestreo.*
– *Desinfección de las manos o utilización de guantes estériles para la manipulación de las muestras.*
– *Sellado de los soportes hasta su utilización.*
– *Sellado posterior a la captación de la muestra.*
– *Transporte inmediato al laboratorio para su procesamiento.*
– *Procesamiento de las muestras mediante técnicas analíticas adecuadas.*
– *Almacenamiento limitado (en nevera), de las muestras.*
– *Destrucción de los cultivos por esterilización en autoclave y posterior eliminación de las muestras por incineración u otros métodos llevados a cabo por entidades debidamente autorizadas.*

EVALUACIÓN DEL RIESGO: VALORACIÓN Y CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Técnicas Analíticas

De las muestras tomadas en los diferentes ambientes laborales se puede obtener información de dos tipos. Una, **cuantitativa**, *el número de microorganismos presentes por unidad de volumen*. Habitualmente la unidad utilizada es: unidades formadoras de colonias por metro cúbico (u.f.c/m^3 de aire). El análisis se realiza de forma visual, manualmente o con la ayuda de un contador de colonias.

Otro tipo de información es la **cualitativa**, que consiste en tipificar, las diferentes especies de microorganismos que se han captado en la muestra. Este análisis se realiza tratando las diferentes colonias que se han desarrollado en un medio de cultivo mediante técnicas que pongan de manifiesto la morfología de las diversas especies.

Con relación a los **medios de cultivo** a utilizar, haremos aquí una distinción entre los llamados universales, en los que crecerán un amplio número de diferentes microorganismos y los denominados *específicos o restrictivos* que únicamente permiten el desarrollo de un número limitado de microorganismos diferentes.

Entre los primeros tenemos:

Agar - Nutritivo, en el que crecerá todo tipo de microorganismos, y que será el adecuado para el contaje total de microorganismos viables.

Agar- Sabouraud, al que se añade cloranfenicol, y se utiliza para captar hongos y levaduras (el cloranfenicol evita el desarrollo de microorganismos que enmascararían el crecimiento de los hongos y levaduras).

Entre los específicos encontramos una gran variedad, tantos casi como tipos de microorganismos diferentes pueden presentarse, como por ejemplo:

• *Medio Mc Conkey*: para enterobacterias
• *Agar - Sangre*: para estreptococos
• *Medio - Chapman*: para estafilococos
• *Tripticase - Soy - Agar*: para brucelas

La elección de uno u otro irá en función del grado de conocimiento sobre los agentes patógenos que se espera encontrar en un ambiente. Pero no es de descartar la utilización simultánea de ambos sistemas para asegurar una completa captación de todos los posibles agentes infecciosos presentes, dado que en la mayoría de los casos no es posible una identificación previa de los mismos.

Valoración

Del mismo modo que ocurre cuando se trata de valorar la exposición a contaminantes químicos, una vez identificados los contaminantes biológicos y estimadas sus concentraciones en el medio ambiente de trabajo, se procederá a la valoración "comparando para cada contaminante objeto de estudio el valor de su concentración ambiental, con el valor de referencia máximo admisible para dicho contaminante". Este valor de referencia máximo admisible o criterio de valoración, para el caso de los contaminantes biológicos, no está establecido a nivel normativo en nuestro país ni en los de nuestro entorno socio-económico. Tampoco existen criterios de valoración de tipo técnico "no vinculantes" a estilo de los TLV'S de la ACGIH para contaminantes químicos, siendo ello debido quizás a la existencia de una gran variabilidad de factores propios de la naturaleza de los contaminantes biológicos (su capacidad de reproducción, el hecho de que en una misma especie microbiana existan cepas con distinto poder patógeno o que alteraciones de factores ambientales tales como la temperatura, humedad, etc... puedan condicionar su presencia en un determinado ambiente) que inciden en la dificultad de establecer unos criterios de valoración generalizados y válidos para cualquiera que sea la situación problema planteada.

¿Por qué no existen criterios numéricos de valoración?

La comisión para los bioaerosoles de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) explica las razones por las que, hoy por hoy, no es posible establecer dichos criterios:

a) Un valor límite de exposición general para la concentración de los bioaerosoles cultivables (hongos y bacterias totales) o contables (polen total, esporas de hongos o bacterias) no tiene justificación científica porque:

* Los bioaerosoles son mezclas complejas de diferentes clases de partículas.
* Las respuestas de los seres humanos a los bioaerosoles varían desde efectos inocuos hasta enfermedades graves, dependiendo del agente específico y de los factores de susceptibilidad de cada persona.
* Las concentraciones de los bioaerosoles cultivables y contables dependen del método de toma de muestra y análisis. No es posible recoger y evaluar todos los componentes de los bioaerosoles utilizando un único método de muestreo.

b) No se han establecido valores límite de exposición para los bioaerosoles individuales cultivables o contables para prevenir la irritación o las respuestas tóxicas o alérgicas. Actualmente, la información relativa a las concentraciones de los bioaerosoles individuales cultivables o contables que han producido irritación o respuestas tóxicas o alérgicas procede, en su mayor parte, de estudios de casos que contienen sólo datos cualitativos de exposición. Los datos epidemiológicos que existen son insuficientes para describir las relaciones exposición-respuesta. Las razones de la ausencia de unos datos epidemiológicos de calidad para establecer esa relación son:

* La mayor parte de los datos de las concentraciones de los bioaerosoles específicos proceden más de medidas indicadoras que de la determinación de los agentes causantes reales. Por ejemplo, la determinación de hongos cultivables se utiliza para representar la exposición a los alérgenos. Además, la mayor parte de las determinaciones proceden de los puntos de acumulación de estos agentes (reservorios) o de las muestras del aire ambiental. Es poco probable que estas aproximaciones representen exactamente la exposición humana a los agentes causantes reales.
* Los componentes y las concentraciones de los bioaerosoles varian ampliamente. Los muestreadores de aire más comúnmente utilizados sólo toman muestras "puntuales" en períodos cortos de tiempo y estas muestras aisladas pueden no representar la exposición humana. Las muestras puntuales en períodos cortos de tiempo pueden contener una cantidad de un bioaerosol en concreto en órdenes de magnitud superiores o inferiores a la concentración media ambiental. Algunos organismos liberan aerosoles como "concentraciones de irrupción" que raramente pueden detectarse utilizando muestras puntuales.

c) Para algunos bioaerosoles infecciosos hay datos de dosis-respuesta. Actualmente, los protocolos de muestreo ambiental para los agentes infecciosos son limitados y adecuados solamente como tentativa científica. Los métodos tradicionales de salud pública, incluyendo los de inmunización, descubrimiento del agente activo y tratamiento médico siguen siendo las defensas primarias frente a los bioaerosoles infecciosos. En ciertos servicios públicos y médicos con riesgo elevado para la transmisión de la infección (por ejemplo, la tuberculosis), se deberían emplear controles de la exposición para reducir las posibles concentraciones ambientales a los agentes patógenos virulentos y oportunistas.

d) Los contaminantes de procedencia biológica que son analizables son sustancias producidas por la materia viva, que se pueden detectar utilizando ensayos químicos, inmunológicos o biológicos y comprenden a las endotoxinas, micotoxinas, alérgenos y compuestos orgánicos volátiles. Los hechos todavía no respaldan el establecimiento de valores límite de exposición para ninguna de estas sustancias analizables. Los métodos de ensayo para ciertos aeroalergenos comunes y endotoxinas están avanzando constantemente. También, las técnicas moleculares innovadoras están permitiendo analizar la concentración de organismos específicos, detectados normalmente sólo por cultivo o recuento. En estudios experimentales y ocasionalmente en estudios epidemiológicos se han observado relaciones dosis-respuesta para algunos bioaerosoles analizables. Asimismo, está progresando la validación de estos ensayos en el puesto de trabajo.

Criterios de interpretación de los resultados

La Comisión para Bioaerosoles de la ACGIH ha desarrollado unas guías para la evaluación de la exposición a contaminantes biológicos en ambientes interiores. Estas guías tienen en cuenta la valoración médica de los síntomas, la evaluación del funcionamiento del edificio y el juicio profesional.

En ausencia de criterios numéricos de valoración, es necesario decidir con antelación los criterios de interpretación que serán utilizados para determinar si un ambiente está o no contaminado. En términos generales, de acuerdo con HERNÁNDEZ, A., se podrían considerar los siguientes criterios de interpretación de los resultados obtenidos:

* Los tipos y frecuencias relativas de los contaminantes biológicos en el ambiente con problemas y en un ambiente "control" (el exterior u otro local sin problemas).
* La evidencia médica de que una infección o alergia ha sido causada por un contaminante biológico específico.
* Las relaciones existentes entre el ambiente interior y el ambiente control pueden indicar posibles amplificaciones.
* La evaluación de los reservorios y las posibilidades de amplificación y de diseminación.

A continuación, y a título de ejemplo, se incluyen las guías para la interpretación de los resultados elaboradas por expertos en la materia, en ocasiones fruto de sus experiencias, y clasificadas según los grupos de organismos más frecuentes en la composición de los bioaerosoles.

Virus

Muchas de las enfermedades asociadas a los virus presentan síntomas bien definidos, por lo que la existencia de una enfermedad es la demostración de que el virus estuvo presente.No se conoce el número de partículas necesarias para causar una infección en un individuo susceptible, aunque algunas evidencias sugieren que un único virus es capaz de iniciar la infección. Por el momento no existen pruebas de que la exposición a virus pueda causar intoxicaciones o sensibilizaciones.

El hecho de que los virus sean parásitos obligados (necesitan de un ser vivo para su desarrollo) y, por lo tanto, sean las personas las que actúan como amplificadores y diseminadores (el habla, los estornudos o la tos), hace innecesaría la evaluación del ambiente control. Factores tales como el aumento de la ocupación o una escasa renovación del aire pueden contribuir al aumento de la tasa de contagio.

Bacterias

Por lo general, en ambientes en los que no se ha detectado ninguna amplificación específica, las bacterias dominantes deberían ser las correspondientes a la flora bacteriana normal humana, es decir, bacterias Gram positivo pertenecientes a los géneros Micrococcus y Staphilococcus.Las concentraciones ambientales elevadas de estos tipos de bacterias, que se encuentran en la piel y en las secreciones respiratorias, indican que los niveles de ocupación son altos y/o que la renovación del aire es insuficiente.

Si las bacterias dominantes son Gram negativo, eso indicaría la existencia de focos de contaminación inusuales; por ejemplo, niveles elevados de bacterias Gram negativo, oxidasa negativa y fermentadoras de la glucosa sugieren un foco de contaminación de origen gastrointestinal (extracciones de los lavabos); si las bacterias encontradas son Gram negativo, oxidasa positiva y sus colonias son de color amarillo, el foco de contaminación más probable son aguas estancadas y contaminadas.

Algunos autores ha sugerido la cifra de 4.500 unidades formadoras de colonias (ufc) por m^3 de aire, como límite superior de concentración de bacterias totales para interiores y en climas subárticos. Esa cifra sólo es aplicable para organismos de origen humano y excluyendo cualquier tipo de patógenos, no siendo tampoco aplicable para climas más cálidos.

Endotoxinas

Las endotoxinas son componentes (lipopolisacáridos) de las membranas externas de las bacterias Gram negativas. Son compuestos altamente tóxicos que pueden causar

fiebre y malestar, alteraciones en el número de leucocitos, alteraciones respiratorias, etc. Algunos autores sugieren niveles de entre 100 y 1.000 veces superiores a los niveles medidos en los ambientes control.

Hongos

El origen de los hongos que habitualmente se encuentran en los ambientes interiores es mayoritariamente el exterior, por lo que preferentemente se utilizará éste como ambiente control.

Las diferencias en las relaciones entre los hongos del interior y del exterior dependen, fundamentalmente, del sistema de ventilación disponible. Esta relación es prácticamente idéntica cuando el edificio está ventilado de forma natural, mientras que, en edificios ventilados de forma mecánica, incluso en los que el sistema de filtración es deficiente, la concentración de hongos encontrados en el interior debería ser inferior a la presente en el exterior. En cualquier caso, los diferentes tipos de hongos encontrados del interior deberían corresponder a las especies del exterior propias de la estación climática.

Los niveles de hasta 100 ufc/m^3 de hongos saprofitos pueden ser considerados normales, siempre y cuando se trate de ambientes en los que no exista población con deficiencias o enfermedades del sistema inmunitario.

Micotoxinas

Durante los procesos de destrucción de la materia orgánica, utilizada como fuente de energía por los hongos, se producen metabolitos secundarios; algunos de ellos son tóxicos para las bacterias (antibióticos), mientras que otros lo son para los animales y los seres humanos (micotoxinas: tricotecenos y aflatoxinas).

La exposición a estos compuestos se relaciona, básicamente, con ambientes agrícolas y el almacenamiento de grano. Los efectos para la salud que han sido descritos son: su potencialidad para inducir procesos cancerígenos, el deterioro del sistema inmunitario y daños en diversos órganos como son el corazón, el hígado o los riñones.

En la actualidad se dispone de algunos datos sobre las dosis a las que algunas micotoxinas producen efectos adversos para la salud. Diversos tricotecenos se caracterizan por tener dosis letales para el 50% de los individuos expuestos inferiores a 1mg/kg (vía digestiva). La aparición de efectos crónicos (cáncer) en relación con la exposición a aflatoxinas puede ocurrir a dosis del orden de µg/Kg. Es bastante probable que los efectos crónicos causados por la exposición a micotoxinas sean amplificados cuando la vía de entrada en el organismo sea la inhalatoria.

La identificación y evaluación de los riesgos debidos a la exposición a micotoxinas es compleja y requiere, en general, del muestreo tanto de los hongos que las producen como de cada tipo de micotoxina. El hecho de encontrar hongos productores de micotoxinas en muestras ambientales no siempre es evidencia de que exista exposición a las mismas.

Muchas de las cepas de los hongos denominados toxigénicos no producen micotoxinas de una forma rutinaria y algunos sólo las producen en condiciones de laboratorio. En muestreos ambientales con medios de cultivo inespecíficos, algunos de estos hongos no pueden competir con otras especies de hongos, por lo que los niveles de hongos toxigénicos son inferiores a los niveles ambientales reales. No obstante, el hecho de encontrar niveles inusuales de hongos toxigénicos debería ir acompañado del muestreo ambiental de toxinas específicas.

Protozoos

El tamaño de estos organismos hace que su presencia en los bioaerosoles sea menos frecuente, ya que tienden a sedimentar rápidamente. Si existieran evidencias de que algún tipo de problema se puede relacionar con organismos patógenos de este grupo, se deberían analizar sus reservorios (humidificadores, aguas estancadas), para poder determinar el origen de los problemas y eliminar los focos de contaminación.

Antígenos

Desde los años 20 se han reconocido las alergias al polvo doméstico. En las últimas décadas se ha realizado un progreso considerable en la identificación, purificación y caracterización de los alérgenos producidos por los ácaros del polvo doméstico, sobre todo los producidos por las especies del ácaro Dermatophagoides (Der p I y II, Der f I y II y Der m I y II).

Algunos autores han propuesto los valores de antígeno de ácaros en polvo que pueden causar sensibilización y la aparición de síntomas en personas sensibilizadas (Tabla 13-6).

CONCENTRACIÓN µg Der p I/g o Der f I/g DE POLVO	NIVEL DE RIESGO
< 2	Bajo
2-10	Significativo
> 10	Alto

Tabla 13-6: CONCENTRACIONES DE ANTÍGENO DE ÁCAROS EN POLVO Y RIESGO ASOCIADO

Sin embargo, todavía no se han propuesto valores límites de concentración para otros antígenos ambientales; no obstante, debido a que los individuos sensibilizados reaccionan frente a dosis muy bajas de antígeno, no se debería aceptar ningún valor de concentración como seguro para esas personas.

Por otra parte, unos niveles muy bajos de antígeno, probablemente, no constituyen un riesgo de sensibilización para nuevos pacientes. De todo ello se desprende que la aplicación de todas las medidas de control disponibles que rebajen los niveles ambientales de antígeno pueden hacer que un edificio sea seguro para los ocupantes no sensibilizados, pero no para todas aquellas personas que hayan desarrollado la enfermedad a consecuencia de su permanencia en el edificio.

ACTITUD A ADOPTAR TRAS LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO

Esta deberá tener presente lo previsto en los artículos 3 y 4 del R.D. 39/97, teniendo en cuenta las peculiaridades propias del riesgo que estamos considerando, según lo previsto en el **Artículo 4** del Real Decreto que nos ocupa:

Si los resultados de la evaluación muestran que la exposición o la posible exposición se refiere a un agente biológico del grupo I que no resulte un riesgo conocido para la salud de los trabajadores, se observarán los principios de correcta seguridad e higiene profesional (Apartado 1 de la observación preliminar del Anexo V).

Realizada la salvedad anterior las **medidas correctoras** a utilizar pasan, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto aludido, por las siguientes fases:

- *Sustitución de agentes biológicos (Art. 5)*
- *Reducción de los riesgos (Art.6):* A traves de las siguientes medidas:
  - a) Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados y utilización de medidas técnicas apropiadas para evitar o minimizar la liberación de agentes biológicos en el lugar de trabajo.
  - b) Reducción, al mínimo posible, del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.
  - c) Adopción de medidas seguras para la recepción, manipulación y transporte de los agentes biológicos dentro del lugar de trabajo.
  - d) Adopción de medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.
  - e) Utilización de medios seguros para la recogida, almacenamiento y evacuación de residuos por los trabajadores, incluído el uso de recipientes seguros e identificables, previo tratamiento adecuado si fuese necesario.
  - f) Utilización de medidas de higiene que eviten o dificulten la dispersión del agente biológico fuera del lugar de trabajo.
  - g) Utilización de una señal de peligro biológico como la indicada en el anexo III de este Real Decreto, así como de otras señales de advertencia pertinentes (figura 13-4).
  - h) Establecimiento de planes para hacer frente a accidentes de los que puedan derivarse exposiciones a agentes biológicos.
  - i) Verificación, cuando sea necesaria y técnicamente posible, de la presencia de los agentes biológicos utilizados en el trabajo fuera del confinamiento físico primario.

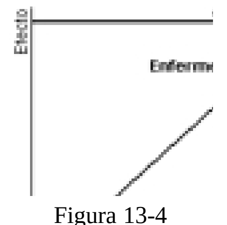


Figura 13-4

- *Medidas higiénicas,* **(Art. 7):**

1. El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para:
   - a) Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
   - b) Proveer a los trabajadores de prendas de protección apropiadas o de otro tipo de prendas especiales adecuadas.
   - c) Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
   - d) Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.
   - e) Especificar los procedimientos de obtención, manipulación y procesamiento de muestras de origen humano o animal.

2. Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

3. Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y deberá guardarlos en lugares que no contengan otras prendas.

4. El empresario se responsabilizará del lavado, descontaminación y, en caso necesario, destrucción de la ropa de trabajo y los equipos de protección a que se refiere el apartado anterior, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven los mismos a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a asegurar que la ropa y los equipos se envíen en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.

- *Vigilancia de la Salud de los trabajadores,* **(Art. 8) :**

1.- El empresario garantizará una vigilancia adecuada y especifica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes biológicos, realizada por

personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas y protocolos que se elaboren, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 3 del articulo 37 del R.D. 39/97, de 17 de Enero. Dicha vigilancia deberá ofrecerse a los trabajadores en las siguientes ocasiones:

a) Antes de la exposición.
b) A intervalos regulares en lo sucesivo, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen, considerando el agente biológico, el tipo de exposición y la existencia de pruebas eficaces de detección precoz.
c) Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador, con exposición similar, una infección o enfermedad que pueda deberse a la exposición a agentes biológicos.

2. Los trabajadores podrán solicitar la revisión de los resultados de la vigilancia de su salud.

3. Cuando exista riesgo por exposición a agentes biológicos para los que haya vacunas eficaces, éstas deberán ponerse a disposición de los trabajadores, informándoles de las ventajas e inconvenientes de la vacunación. Cuando los empresarios ofrezcan las vacunas deberán tener en cuenta las recomendaciones prácticas contenidas en el anexo VI de este Real Decreto.

Los dispuesto en el párrafo anterior será también de aplicación en relación con otras medidas de preexposición eficaz que permitan realizar una adecuada prevención primaria.

El ofrecimiento al trabajador de la medida correspondiente, y su aceptación de la misma, deberán constar por escrito.

3. El Médico encargado de la vigilancia de la salud de los trabajadores deberá estar familiarizado, en la medida de lo posible, con las condiciones o las circunstancias de exposición de cada uno de los trabajadores. En cualquier caso, podrá proponer medidas individuales de prevención o de protección para cada trabajador en particular.

En relación con la vigilancia de la salud de los trabajadores MARTÍ SOLÉ y cols proponen, en función del grupo de riesgo al que pertenezcan los agentes manipulados, las siguientes pautas:

Grupo de Riesgo I

Para los trabajadores que manipulen estos microorganismos, a pesar de que tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades , es recomendable practicar un reconocimiento médico en el que se tengan en cuenta los antecedentes médicos de cada individuo. Conviene que se notifiquen rápidamente las enfermedades y todos los accidentes de laboratorio.

Grupo de Riesgo II

Es indispensable el reconocimiento médico previo a la contratación o a la asignación del puesto de trabajo. Hay que tener en cuenta los antecedentes médicos. Es conveniente obtener una muestra de suero para utilizarla como referencia y, en algunos casos, es conveniente también practicar un examen físico.

El director del laboratorio debe mantener un registro de enfermedades y absentismo, y a su vez el personal mantendrá informado al director de cualquier ausencia por enfermedad.

A las mujeres en edad fértil habrá que informarlas de manera inequívoca de los riesgos que supone para el feto la exposición a ciertos microorganismos, como la rubéola y los citomegalovirus. Las medidas que se adopten para proteger al feto dependerán de los agentes microbiológicos causantes de la exposición.

Grupos de Riesgo III y IV

Los programas de vigilancia médica que se utilizan para los microorganismos del grupo de Riesgo II se aplican también en los laboratorios de contención añadiendo las siguientes modificaciones:

- El reconocimiento médico es indispensable para todo el personal. Este incluirá una historia clínica detallada y un examen físico. Hay que obtener una muestra de suero y conservarla como referencia.

- Hay que establecer una lista de trabajadores expuestos a agentes biológicos de los grupos 3 ó 4, indicando el tipo de trabajo efectuado y, cuando sea posible, el agente biológico al que hayan estado expuestos, así como registros en los que se consignen las exposiciones, accidentes e incidentes.

- La lista que se refiere en el apartado anterior se conservará durante un plazo mínimo de diez años después de finalizada la exposición. En los casos de exposiciones que pudieran dar lugar a infección persistente o latente, que se manifieste muchos años después, que dé lugar a una enfermedad con fases de recurrencia o que pueda tener secuelas importantes a largo plazo, la lista se conservará durante un plazo adecuado más prolongado, de hasta cuarenta años después de la última exposición conocida.

- Las personas que hagan un tratamiento con inmunosupresores no deben trabajar en laboratorios de contención.

- Según el Manual de Bioseguridad en el Laboratorio de la OMS, una vez pasado el reconocimiento médico con un informe favorable, se entregará a la persona examinada una "tarjeta de contacto médico" en la que se declare que trabaja en un laboratorio de contención. Conviene que el titular lleve siempre esta tarjeta consigo (figura 13-5).

INFORMACIÓN PARA EL MÉDICO

EL TITULAR DE ESTA TARJETA

____

(Nombre y Apellidos)

ESTA EMPLEADO EN

____

(Nombre del laboratorio, señas y número de teléfono)

En caso de enfermedad, debe tenerse en cuenta la posibilidad de una infección contraída en el laboratorio. Le rogamos que **entre en contacto lo antes posible** con una de las siguientes personas.

1. _______________________________
(Nombre y apellidos y número de teléfono)

2. _______________________________
(Nombre y apellidos y número de teléfono)

ANVERSO

INSTRUCCIONES PARA EL TITULAR DE LA TARJETA

NO SE SEPARE NUNCA DE ESTA TARJETA Y PRESÉNTELA SIEMPRE EN CASO DE CONSULTA MÉDICA

REVERSO

Figura 13-5: TARJETA DE CONTACTO MÉDICO

Por ultimo, habrá que tener tambien presente lo contemplado en las disposiciones varias del R.D. que nos ocupa:

• *Establecimientos sanitarios y veterinarios distintos de los laboratorios de diagnóstico* **(Art. 14):**

1) La evaluación a que se refiere el artículo 4, deberá tener especialmente en cuenta los riesgos inherentes a las actividades desarrolladas en los mismos y, particularmente la incertidumbre acerca de la presencia de agentes biológicos en el organismo de pacientes humanos, de animales o de materiales o muestras procedentes de estos, y el peligro que tal presencia podría suponer.
2) Se tomarán las medidas apropiadas para garantizar la protección sanitaria y seguridad de los trabajadores afectados; dichas medidas comprenderán en particular:
   a) la especificación de procedimientos apropiados de descontaminación y desinfección.

b) la aplicación de procedimientos que permitan manipular y eliminar sin riesgos los residuos contaminados.

3) En los servicios de aislamiento en que se encuentren pacientes o animales que estén o que se sospeche que estén contaminados por agentes biológicos de los grupos 3 ó 4 se seleccionarán medidas de contención de entre las que figuran en la columna A del Anexo IV del Real Decreto que nos ocupa.

• *Medidas especiales aplicables a los procedimientos industriales, a los laboratorios y a los locales para animales* **(Art.15):**

♦ En los laboratorios, incluidos los de diagnóstico e investigación, y en los locales destinados a animales de laboratorio, deliberadamente contaminados por agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4, o que sean o se sospeche que son portadores de estos agentes, se tomarán medidas de conformidad con:

1. Los laboratorios que emprendan trabajos que impliquen la manipulación de agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4 con fines de investigación, desarrollo, enseñanza o diagnóstico establecerán las medidas de contención de conformidad con el Anexo IV.
2. En función del resultado de la evaluación se tomarán medidas de acuerdo con el Anexo IV, después que haya sido fijado el nivel de contención físico.
3. Si se manipulan materiales respecto a los que exista incertidumbre acerca de la presencia de agentes biológicos que puedan causar una enfermedad en el hombre, pero que no tengan como objetivo trabajar con ellos como tales (cultivándolos o concentrándolos) deberán adoptar como mínimo el nivel 2 de contención. Deberán utilizarse los niveles 3 y 4 cuando proceda siempre que se sepa o sospeche que son necesarios, salvo cuando las autoridades sanitarias establezcan líneas directrices que sugieran un nivel de contención menor.

♦ En los procedimientos industriales que se utilicen agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4 deberán tomarse medidas de conformidad con:

1. Se establecerán las medidas de contención del Anexo V.
2. En función de la evaluación de riesgos, las autoridades laborales y sanitarias podrán decidir las medidas adecuadas.
3. En todas las actividades en las que no haya sido posible proceder a una evaluación concluyente de un agente biológico, pero de cuya utilización prevista parezca que puede derivarse un riesgo grave para la salud de los trabajadores, únicamente podrán realizarse en locales de trabajo cuyo nivel de contención corresponda al menos con el nivel 3.

ACCIONES PREVENTIVAS

La estrategia habitualmente utilizada para la protección de los trabajadores frente a la exposición a agentes biológicos se podría resumir en:

- Control en la fuente, evitando así la liberación de agentes biológicos al ambiente de trabajo.
- Reducción de las consecuencias de una liberación accidental al medio ambiente de trabajo, mediante sistemas de protección colectiva.
- Protección del trabajador frente al contacto con estos agentes, en el caso de que estos se encuentran en el medio ambiente.

Para llevar a cabo lo anteriormente expuesto habrá que tener en cuenta los siguientes aspectos:

Diseño del laboratorio

Al diseñar un laboratorio de riesgo biológico hay que prestar especial atención a aquellos aspectos que puedan plantear problemas. Entre estos, MARTÍ SOLÉ, M.ª C. y cols, consideran:

- La generación de aerosoles.
- El trabajo con grandes cantidades y/o concentraciones elevadas de microorganismos.
- El laboratorio abarrotado tanto de personal como de material.
- La infestación por roedores o insectos.
- La entrada de personas no autorizadas.
- La necesidad de prever la disposición de las cabinas de seguridad biológica, a las que procede dedicar un espacio, dada su gran utilización.

Cabinas de seguridad biológica:

Definición

Constituyen el principal elemento del equipo de contención física; sirviendo de barreras primarias para evitar el paso de aerosoles a la atmósfera del laboratorio y siendo una forma de reducir el riesgo, tal como se establece en el **artículo 6b** del Real Decreto que estamos comentando.

La norma BS5726 de 1979 las define como "*una cabina proyectada para ofrecer protección al usuario y al ambiente de los riesgos asociados al manejo de material infeccioso y otros materiales biológicos peligrosos, excluyendo materiales radiactivos, tóxicos y corrosivos*".

En este punto conviene aclarar el concepto que incluye su denominación, **seguridad biológica**, referida a la protección que proporcionan al trabajador y que está basada en la dinámica de los fluidos. Es habitual que estas cabinas sean denominadas "cabinas de flujo laminar" que si bien es cierto que alguno de sus tipos está dotado de este tipo de flujo, no debe asociarse el término flujo laminar al de seguridad biológica, puesto que existen otros tipos de cámaras dotadas del mismo, (cabinas de flujo laminar horizontal, cabinas de flujo laminar vertical) que únicamente aseguran un flujo de aire limpio y sin turbulencias sobre el trabajo que se realice pero que en ningún modo proporcionan protección al trabajador.

Tipos

Clase I (Figura 13-6):

Están destinadas al trabajo con agentes biológicos que entrañan un riesgo leve o moderado. El uso de estas cabinas no garantiza la protección del producto manipulado, ni la exposición por contacto a materiales peligrosos. Están parcialmente abiertas por delante, provistas de un sistema de aspiración de aire que arrastra las partículas hacia dentro, alejándolas del operador y pasando por un filtro HEPA antes de salir al exterior. Suelen incluir también un prefiltro para la retención de contaminantes químicos. El 100% del aire aspirado del local es extraído por la misma.

Para un empleo satisfactorio de la cabina, la velocidad de entrada del aire por la parte frontal debe estar comprendida entre 0,4 m/s y 1,0 m/s para aberturas no superiores a 20 cm, a fin de no producir turbulencias ni posibles retornos. La utilización de aberturas frontales pequeñas es la mejor arma para asegurarse su buen funcionamiento.

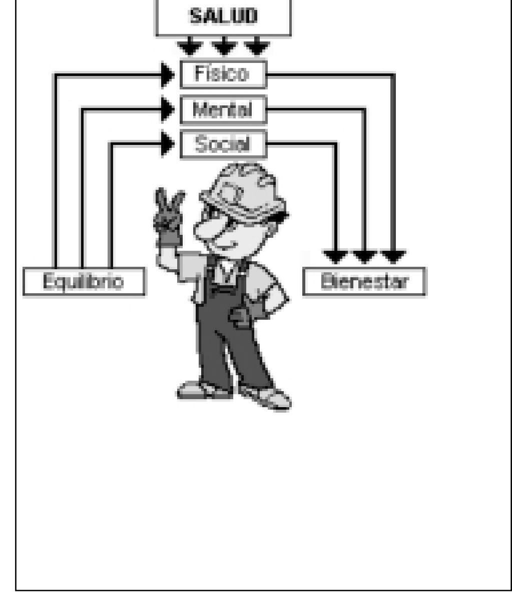


Figura 13-6

Clase II

Diseñadas para proteger a los usuarios, a los materiales manipulados y al medio ambiente de los riesgos biológicos leves o moderados. Están abiertas parcialmente por delante, con una corriente de aire (flujo laminar) filtrado a través de un filtro HEPA que circula en sentido descendente, uniforme y unidireccional.

El filtro que asegura la protección de la manipulación está siempre situado encima del área de trabajo, mientras que el filtro que asegura la protección del ambiente puede estar situado más arriba o más abajo de los motores de reparto del aire de salida y del aire reciclado.

La mayoría de las cabinas de esta clase en la actualidad están equipadas con dos ventiladores y dos filtros absolutos HEPA pudiendo, además, disponer de otro filtro de carbón activo sobre la extracción , para retención de gases y vapores y protección del medio ambiente. La disposición de los ventiladores y los filtros asegura que todas las zonas del circuito de aire contaminado (no filtrado) se hallen a presión negativa. El volumen de aire extraído es equivalente al tomado en la abertura frontal.

El flujo laminar de aire que proviene del filtro protege el producto, mientras que el que viene del exterior de la cabina protege al operador a modo de una barrera de aire en el sentido de fuera a dentro. Ambos flujos de aire son conducidos a través de unas rejillas situadas en la parte delantera y trasera de la superficie de trabajo a un plenum desde el cual el aire es redistribuido. Un tanto por ciento del aire es extraído mientras que el resto es recirculado sobre el área de trabajo.

Existen dos tipos de cabinas de seguridad biológica de clase II: el A y el B. Ambos tipos difieren básicamente en la proporción de aire recirculado, aunque ello afecta también ligeramente a las velocidades de aire en la abertura frontal y sobre el área de trabajo.

Ninguna de las cabinas de seguridad biológica de clase II, de tipo A o B, previene de la exposición por contacto de los materiales infecciosos.

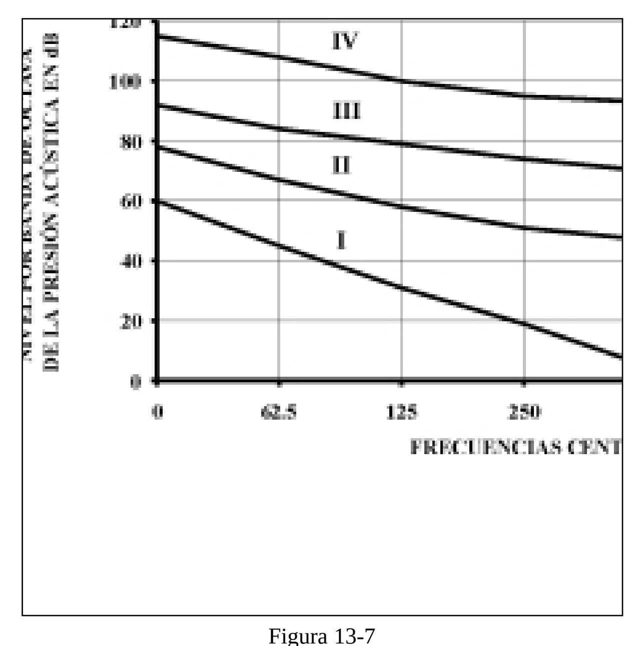


Figura 13-7

Clase III (Figura 13-7)

Estas cabinas son diferentes, en concepto, de las cabinas de clases I, y II. La cabina está herméticamente sellada, separando completamente al operador del trabajo que está realizando mediante barreras físicas (panel frontal completamente cerrado y manipulación a través de guantes de goma).

El recinto interior se mantiene en depresión y es alimentado por aire tomado del local y filtrado por un filtro de alta eficacia HEPA. El aire extraído, que es el 100% del aspirado,atraviesa uno o dos filtros HEPA para su completa purificación. También puede incluir un prefiltro para la contaminación química. Estas cabinas están destinadas para manipular los agentes biológicos de los grupos 3 y 4, manipulación que sólo puede ser llevada a cabo por el personal formado y con consignas de seguridad específicas.

Este tipo de cabinas ofrece el grado máximo de protección al producto y al operador, ya que cubre incluso el riesgo al contacto.

Selección de la cabina y aspectos a tener en cuenta

La selección del tipo de cabina de seguridad biológica se basará en el grupo de riesgo al que pertenece el material manipulado, el riesgo de generación de aerosoles al manipular el material y el grado de protección que se pretende obtener frente a la contaminación ambiental.

La información disponible al respecto, se resume en la tabla 13-7:

AGENTES BIOLÓGICOS	CLASE I	CLASE II TIPO A	CLASE II TIPO B	CLASE III
GRUPO DE RIESGO 1	(1)	(1)	(1)	(1)
GRUPO DE RIESGO 2	(1)	(1)	(1)	(1)
GRUPO DE RIESGO 3	(3)	(2)	(2)	(1)
GRUPO DE RIESGO 4	(3)	(3)	(3)	(1)

Tabla 13-7: ELECCIÓN DE CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA
(1) Totalmente indicada (2) Puede utilizarse (3) Uso no recomendado

Ubicación

La localización ideal de la cabina será en un recinto especialmente estudiado para el trabajo que se ha de efectuar con ella. Se mantendrá la actividad de la habitación en la que se encuentra la cabina al mínimo, a fin de evitar las corrientes de aire que podrían influir en el flujo laminar. Se ha de tener en cuenta que la baja velocidad del flujo de aire (0,45 m/s) puede ser alterada por las corrientes de aire ambientales, provenientes de puertas y ventanas abiertas, conductos de ventilación forzada, así como al hablar, estornudar, realizar movimientos rápidos, etc. La ubicación en pasillos y zonas de paso está totalmente desaconsejada.

Extracción

El aire extraído (sobrante) de la cabina se enviará preferiblemente al exterior del edificio, ya que ello es una garantía adicional de seguridad en caso de fallos en el sistema de filtrado, por el factor de dilución que representa al enviarse los gases a la atmósfera. Si por algún motivo se descarga el aire extraído en el interior de la sala, debe tenerse en cuenta la eficacia de los filtros HEPA (0,3 µm).

Recomendaciones generales para el trabajo con cabinas de seguridad biológica

Procedimientos de trabajo

A continuación se exponen algunas recomendaciones generales para el trabajo con cabinas de seguridad biológica:

– No debe utilizarse la zona de trabajo de la cabina como almacén del equipo de laboratorio.

– Si bien el área de trabajo se encuentra bajo flujo laminar considerándose limpia y estéril, el aire circundante de la cabina puede estar contaminado. Deben conocerse las fuentes de contaminación para evitar que ésta entre en la cabina al introducir los brazos, material, guantes, etc.

– Los movimientos de brazos y manos en el interior de la cabina deben ser lentos, ya que de lo contrario se altera la laminaridad del flujo.

– Se evitarán movimientos innecesarios en el interior de la cabina, colocando los materiales necesarios y de uso inmediato en los laterales de la superficie de trabajo.

– Deberá ponerse en funcionamiento tanto la cabina, como la lámpara de UV, que llevan incorporada todas las cabinas para potenciar la esterilización inicial, unos 15 ó 30 minutos, antes de empezar a trabajar. La utilización prolongada de la lámpara no es necesaria, pero la cabina debe mantenerse en funcionamiento hasta que haya transcurrido un tiempo prudencial, después de finalizada la tarea en la misma. Existe incluso la opinión extendida de que las cabinas que se usan de manera regular es conveniente que se hallen en funcionamiento permanentemente.

– Siempre que se introduzca un nuevo material en el interior de la cabina, se recomienda esperar 2 ó 3 minutos antes de empezar a trabajar. Este tiempo es suficiente para que el flujo laminar elimine la posible contaminación transportada del exterior a la zona estéril.

– En las cabinas de flujo laminar vertical, no deben realizarse manipulaciones cerca de la superficie de trabajo, ya que el aire choca en la superficie deslizándose horizontalmente hacia los laterales, lo que puede provocar una recogida potencial de contaminantes de la superficie. Se recomienda trabajar a unos 5-10 cm de la superficie y por detrás de la zona en la que el aire estéril descendente se divide para seguir su recorrido a través de las rejillas anterior y posterior de la cabina, llamada zona de partición de humos. Esta zona es variable y debe conocerse para cada cabina. En general, la zona de menor seguridad para el operador y el producto son los 8-10 cm más próximos a la abertura frontal; se ha de tener en cuenta que esta parte no es estéril, ya que es el espacio por donde circula la corriente de aire proveniente del exterior no filtrada.

– Una vez finalizado el trabajo, todos los materiales desechables (asas, placas de Petri, etc.), así como los medios de cultivo, muestras, tubos, etc..., se sacarán de la cabina en bolsas impermeables y aptas para ser esterilizadas.

– No deben situarse objetos entre el filtro HEPA y la superficie de trabajo, ya que se producirían sombras y turbulencias. Hay que tener en cuenta que la laminaridad no se recupera en condiciones normales hasta una distancia de unas 2,5 veces el diámetro del objeto interpuesto.

– Durante el trabajo y las operaciones de limpieza de la cabina, debe evitarse dañar los filtros HEPA dando golpes o proyectando líquidos y salpicaduras contra la rejilla metálica que los protege.

Material y equipos

Algunas de las recomendaciones que se deben seguir sobre los materiales y equipos para trabajar en cabinas de seguridad biológica son las siguientes:

– El material que se ha de utilizar debe estar dispuesto antes de iniciar el trabajo, colocándose en el interior de la cabina el de uso inmediato y procurando que la introducción de nuevo material sea la mínima posible.

– Todo el material que se deba introducir en la cabina deberá estar libre de partículas, limpiándose cuidadosamente antes de su introducción.

– No se deben introducir en la zona de trabajo materiales tales como papel, madera, cartón, lápices, goma de borrar, etc., ya que desprenden un elevado número de partículas.

– No se deben introducir en la zona de trabajo focos de calor importantes. El empleo de mecheros Bunsen está en principio desaconsejado. La situación del mechero en la zona de trabajo será estudiada, a fin de que las turbulencias del aire provocadas por

el calor de la llama no influyan negativamente en la zona estéril de trabajo y no exista la posibilidad de dañar los filtros HEPA.

– Cuando se deban usar asas de platino, es aconsejable utilizar incineradores eléctricos y, mejor aún, emplear asas desechables de un solo uso.

– En caso de utilizar frascos y tubos, es preferible que sean con tapón rosca en lugar de tapones de algodón que desprenden gran cantidad de partículas.

Equipos de protección individual

– Utilizar vestuario apropiado y limpio. Se aconsejan batas de manga larga, cerradas hasta el cuello, abrochadas en la espalda y con bocamangas ajustadas.

– Usar guantes de protección adecuados al riesgo de contacto existente y recubrir las mangas en los trabajos especiales. Es imprescindible conocer el grado de impermeabilidad de los guantes empleados frente a los materiales manipulados.

– El uso de mascarillas respiratorias no es necesario al trabajar con cabinas de seguridad biológica, pero puede ser necesario si se trabaja con cabinas que sólo protegen el producto.

Controles y mantenimiento

Los controles se efectuarán de manera periódica y, especialmente, en los siguientes casos:

- En la recepción de la cabina.
- En el cambio o cambios de filtros HEPA.
- En los traslados de la cabina.
- Después de la proyección o de salpicaduras sobre el filtro HEPA.
- Cuando aparezca una contaminación sobre el producto manipulado.

Los controles deben ser efectuados esencialmente sobre:

- La velocidad y el carácter laminar del flujo de aire.
- La determinación de la eficacia del sistema de filtración.
- La ausencia de fugas puntuales en el medio filtrante.
- La estanqueidad en el sellado de la junta elástica entre el filtro y el marco de ajuste.
- La localización de fugas de aire no filtrado. Fugas en la estructura envolvente.

Los controles pueden ser efectuados por el usuario, haciendo un control periódico, buscando las fugas con un generador de humo. Se debe efectuar un ensayo de humo en las mismas condiciones de funcionamiento, a una altura de 350 mm sobre el plano de trabajo y a una distancia de la parte frontal de 150 mm. Si no se escapa ningún humo por la fachada, la cabina puede ser considerada como protectora del usuario.

También pueden ser efectuados por el fabricante o por otro servicio especializado, haciendo un control siempre que sea necesario, sobre todo del recuento de partículas y para la medida de la velocidad del flujo de aire, las cuales son operaciones que necesitan aparatos específicos, tales como un contador de partículas y un anemómetro. La medida de la velocidad del flujo del aire con este último instrumento puede ser realizada por un usuario con experiencia.

No es aconsejable trasladar las cabinas una vez instaladas y verificadas. Caso de proceder a ello, hay que efectuarles una nueva revisión.

Es necesario disponer para cada cabina de una ficha de mantenimiento y control que puede estar fijada en un lateral de la misma. En esta ficha se hará constar los datos más relevantes como pueden ser:

- Modelo de cabina.
- Número de fabricación o referencia.
- Fecha de control.
- Horas de funcionamiento.
- Test DOP.
- Fecha de la sustitución del prefiltro.
- Fecha de sustitución del filtro HEPA.
- Fecha de la próxima revisión aconsejada.
- Otros datos técnicos como por ejemplo: velocidad, presión, etc.

Limpieza y desinfección

Hay que tener en cuenta que una buena limpieza y desinfección de la zona de trabajo garantiza la ausencia de polvo y contaminantes que podrían entorpecer la manipulación, ya que tanto el polvo como la suciedad en general sirven de soporte a los microorganismos. Es recomendable una aspiración previa del polvo acumulado, si la cantidad de éste es importante.

La limpieza y desinfección deberá realizarse en los siguientes casos:

- Antes de empezar a trabajar en la cabina.
- Al finalizar el trabajo.
- Siempre que haya algún derramamiento de líquido en la zona de trabajo.
- Antes de realizar un test de control.
- Siempre que haya un cambio en la línea de trabajo.
- Cuando la cabina ha permanecido o debe permanecer varios días sin emplearse.
- Antes de cualquier operación de mantenimiento rutinaria o accidental de la cabina.

Las superficies de la cabina se pueden desinfectar con soluciones bactericidas que tengan un elevado poder esterilizante.

Las partes de la cabina que no son accesibles en operaciones normales de mantenimiento (ventiladores, plenums, filtros, conducto de evacuación, etc.) deben descontaminarse mediante esterilización gaseosa, operación para la cual se suele emplear la despolimerización de paraformaldehído por calentamiento. Esta operación debe realizarse en los siguientes casos:

- Antes de los trabajos de mantenimiento de las partes citadas.
- Antes del cambio de los filtros.
- Antes de realizar los test de control.

Y es recomendable que se lleve a cabo:

- Antes del traslado de la cabina.
- Antes de iniciar un nuevo programa de trabajo.
- Después de un derrame con una alta concentración del agente manipulado.

La operación de descontaminación o estererilización gaseosa con formaldehído (formalización) se lleva a cabo con 10 g de paraformaldehído (sólido) por metro cúbico. También se puede llevar a cabo con 40-50 c.c. de formol por metro cúbico.

Deben emplearse protecciones personales para efectuar la operación de descontaminación, para protegerse de posibles contactos con el gas formaldehído, cuyos vapores son tóxicos y altamente irritantes para los ojos, garganta y nariz.

Recomendaciones para la substitución de los filtros

Aparte de lo indicado en el apartado anterior, deben tenerse en cuenta las recomendaciones siguientes para la substitución de los filtros HEPA:

La substitución de los filtros absolutos HEPA debe ser realizada por personal técnico especializado, provisto de los equipos de control necesarios, para poder garantizar un montaje correcto y efectuar la validación y comprobaciones necesarias.

Los filtros HEPA substituidos deberán ser siempre introducidos en una bolsa de plástico hermética e incinerados cuanto antes o bien esterilizados mediante la técnica de autoclave antes de eliminarse por otro vía; debiendo disponerse de un protocolo de actuación con filtros HEPA ya que pueden convertirse en una fuente de contaminación.

A esta operación seguirán los ensayos de conformidad con el nuevo filtro.

Utilización de las radiaciones UV

Algunos autores ponen en duda la utilidad de los rayos ultravioleta en el flujo laminar, con el argumento de que son totalmente ineficaces para tratar flujos de aire. Sin embargo, dado que su uso en cabinas de seguridad biológica está totalmente extendido, se resumen a continuación las recomendaciones básicas para su utilización:

- Como ya se ha indicado, deberá ponerse en funcionamiento la lámpara UV unos 15 ó 30 minutos, antes de empezar a trabajar. Su utilización prolongada no es necesaria para una mayor esterilización y entraña el deterioro de los materiales de estructura.
- Los rayos ultravioleta no deben utilizarse cuando haya un operador trabajando en la cabina. Debe ser preceptiva su desconexión antes de iniciar un trabajo en la misma.
- Para la descontaminación de la superficie de trabajo debe comprobarse que su ubicación les permita alcanzar todos los rincones que se han de desinfectar. Por otra parte, no deben dificultar el flujo laminar, como ocurre con algunos modelos antiguos, y también debe tenerse en cuenta que, en los casos en que su instalación no es fija, la operación de ponerlos y quitarlos de la cabina también puede alterar el flujo laminar.
- Los tubos de UV tienen una vida limitada, por lo que se controlarán y cambiarán regularmente.

Buenas prácticas de laboratorio (BPL)

Establecidas en el Real Decreto 822/1993 y relacionadas con la formación e información elemento nuclear de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales y también contempladas en el Art. 12 del Real Decreto que nos ocupa, serán de aplicación en cualquier **laboratorio básico** donde se manipulen agentes biológicos y son las siguientes:

- Nunca se pipeteará con la boca, empleándose los dispositivos de tipo mecánico.
- Deben utilizarse guantes adecuados en todos los trabajos que entrañen algún contacto con sangre, material infeccioso o animales infectados.
- Utilizar batas o uniformes de trabajo para evitar la contaminación de los vestidos de calle.
- No se utilizará la ropa de laboratorio fuera de éste (cafetería, biblioteca, etc).
- Siempre que haya peligro de salpicaduras se utilizarán gafas de seguridad, pantallas faciales u otros dispositivos de protección.
- A fin de evitar los cortes accidentales, se preferirá el uso de material plástico al de cristal.

- En la zona de laboratorio no se permitirá comer, guardar alimentos, beber, fumar ni usar cosméticos.
- El uso de agujas hipodérmicas y de jeringas debe evitarse. Cuando ello no sea posible, las agujas se recogerán en recipientes adecuados que eviten los pinchazos accidentales.
- Las superficies de trabajo se descontaminarán por lo menos una vez al día y siempre que haya un derrame. Una nota debe especificar el modo de empleo de los desinfectantes, la naturaleza del desinfectante a utilizar y su concentración.
- Todos los desechos biológicos, ya sean líquidos o sólidos, tienen que ser descontaminados antes de su eliminación y se seguirán las normas existentes sobre la gestión de residuos contenidas en las reglamentaciones referentes a residuos sanitarios.
- Todo el personal se lavará las manos después de haber manipulado material o animales infecciosos, así como al abandonar el laboratorio.
- El acceso al laboratorio debe ser controlado por su responsable.
- El material contaminado, que deba ser descontaminado en un lugar exterior al laboratorio, se colocará en un contenedor especial y se cerrará antes de sacarlo del laboratorio.
- Deberá existir un programa de lucha contra insectos y roedores que se pondrá en práctica.

Estas BPL son de aplicación a los cuatro niveles de contención que posteriormente citaremos, por lo que no las repetiremos en la descripción de cada nivel, sino que las complementaremos con lo que proceda en cada caso.

Niveles de seguridad (contención)

Están en relación con la clasificación de los agentes biológicos establecida en el **Artículo 3** del Real Decreto que estamos considerando, describiéndose en el Anexo IV y V. Nos limitaremos a describir sólamente lo referido a:

– Instalaciones específicas para trabajo con muestras potencialmente infecciosas, no considerando lo relativo a infraestructura general y de seguridad .
– Equipo/s de contención.
– Técnicas de laboratorio específicas (BPL)

• *Nivel de contención biológica 1:*

Se aplican las BPL relativas al laboratorio básico descritas anteriormente. No necesita ningún equipo especial de contención.

• *Nivel de contención biológica 2:*

** Instalación del laboratorio.*

– Cada unidad debe tener un lavabo para el lavado de manos. Este deberá funcionar preferentemente con el codo o el pie.

– El laboratorio donde se manipulen los agentes biológicos, estará separado del pasillo de circulación por un vestíbulo. Éste servirá a los usuarios para cambiarse la ropa de trabajo, ya que tiene que ser distinta a la habitual.

– Si el aire del laboratorio es renovado regularmente, el aporte de aire nuevo será como mínimo de 60 m^3 por persona y hora. Hay que vigilar que con los movimientos, no

haya arrastre de aire del interior hacia el exterior y de esta forma no haya contaminación. Las ventanas estarán herméticamente cerradas.

– Será necesario que haya un autoclave en el mismo laboratorio, para la descontaminación de desechos y material biológicos contaminado.

– Ha de haber una sala de reposo para el personal.

** Equipo especial de contención*

– Se utilizarán sólo cabinas de seguridad biológica clases I y II, respondiendo estas últimas a la Norma BS5726 de 1979 (British Standard 5726 o equivalente).

– Debe exigirse el uso de vestidos específicos que no se llevarán fuera del laboratorio. Se recomienda el uso de gafas de seguridad, máscaras o de otros dispositivos de seguridad.

** Técnicas de laboratorio específicas*

– Para la centrifugación de grandes concentraciones y volúmenes de agentes infecciosos, se utilizará una centrífuga herméticamente cerrada (sistema "aerosol free") y tubos de seguridad. El llenado, el cierre y la apertura de los tubos debe efectuarse en cabinas de seguridad biológica.

– Todas las técnicas que puedan producir aerosoles tales como la centrifugación, la trituración, las mezclas, las agitaciones energéticas, las disrupciones sónicas, la apertura de envases de materiales infecciosos, cuya presión interna pueda diferir de la presión ambiente, etc., se realizarán en cabinas de seguridad biológica. También se evitará manipulaciones tales como la inserción de asas o agujas calientes en un cultivo, y se utilizarán asas desechables; se evitará así mismo la inyección violenta de fluidos a partir de pipetas o jeringas ya que todas estas técnicas pueden generar aerosoles.

– El modo de empleo y las limitaciones de las cabinas de seguridad biológica se explicarán a todos los usuarios.

– Las puertas del laboratorio se mantendrán cerradas durante las manipulaciones.

– El personal se lavará las manos después de haber manipulado el material biológico, los animales y antes de dejar el laboratorio. Será obligatorio llevar guantes apropiados durante todas las técnicas que comporten un riesgo de contacto accidental directo con el material biológico infeccioso.

– El responsable del laboratorio deberá establecer las reglas o los procedimientos según las cuales se autorice el acceso al laboratorio. Sólo las personas prevenidas de la naturaleza de los riesgos pueden ser autorizadas a entrar en el local de trabajo. Las personas que sean de alto riesgo para la adquisición de una infección (inmunodeprimidas) o a las que la infección podría ser particularmente perjudicial, no se les autorizará la entrada al laboratorio.

– El empleo de jeringas y agujas hipodérmicas estará restringido a la inyección parenteral y a la aspiración de líquidos de los animales y de los viales con cápsula perforable, así como a la extracción de fluidos biológicos, debiendo extremar las precauciones en su manejo y eliminación. Por ello se utilizarán agujas y jeringas de un solo uso, no se deberá reencapsular las agujas y se eliminarán directamente en recipientes rígidos, aptos para la esterilización o para la incineración.

– La señalización internacional de riesgo biológico (Figura 1) se colocará en la puerta de acceso al laboratorio. También deben señalizarse los congeladores y refrigeradores utilizados para guardar microorganismos de tipo de riesgo 2.

** Otras consideraciones a tener en cuenta:*

– Los accidentes que hayan podido ser causa de una evidente exposición a los agentes infecciosos deben comunicarse inmediatamente al responsable del laboratorio y ser investigados para conocer y eliminar las causas de los mismos.

– Se preparará y adoptará un manual de seguridad biológica para el laboratorio. Los miembros del personal deben estar prevenidos de los riesgos a los que están expuestos y deben leer y conocer las instrucciones sobre las prácticas de laboratorio.

– La conducta a seguir en caso de accidente estará expuesta en un lugar bien visible del laboratorio.

• *Nivel de contención biológica 3*

**Instalación del laboratorio*

– El laboratorio, al igual que para el nivel 2 de seguridad biológica, tendrá el acceso separado del pasillo de libre circulación por un pequeño vestíbulo donde el personal se cambiará la ropa de calle por otra específica para el laboratorio, aunque en este caso también es recomendable cambiarse de zapatos. Un sistema de seguridad impedirá que las dos puertas se abran simultáneamente.

– Debe haber un sistema de ventilación que produzca una presión negativa dentro del laboratorio, de manera que se establezca una corriente de aire que vaya desde el pasillo o el laboratorio básico, hasta la zona de trabajo del laboratorio de contención. El personal debe comprobar que la corriente de aire circula del lugar menos contaminado al más contaminado.

– El aire expulsado del laboratorio debe pasar a través de filtros HEPA (filtro de alta eficacia para partículas). En ningún caso, este aire puede ser reciclado hacia otra parte del edificio.

– El aire extraído de las cabinas de seguridad biológica después de pasar a través de filtros HEPA, será expulsado al exterior del laboratorio. Excepcionalmente podrá ser reciclado, si las cabinas de seguridad biológica de clase I ó II son controladas adecuadamente siguiendo los procedimientos recomendados para ello.

– El aire procedente de cabinas de seguridad biológica de clase III debe expulsarse directamente al exterior.

– La recirculación del aire dentro del laboratorio sólo se hará después de haberlo filtrado mediante filtros HEPA comprobados y certificados.

– Las puertas del laboratorio, tendrán cierre automático y con cerradura, aunque desde el interior será de fácil apertura.

– Es recomendable un interfono para el contacto con el exterior.

– En este tipo de laboratorio no habrá ni conexión al gas de la red, ni al sistema de vacío centralizado.

** Equipo especial de contención*

– El laboratorio estará equipado con cabinas de seguridad biológica del tipo I, II ó III. Éstas se utilizarán para todos los trabajos y actividades que puedan provocar cualquier riesgo de exposición a los aerosoles infecciosos. Si el volumen o la naturaleza de la actividad no permitiera el uso de cabina de seguridad biológica, se estudiarán sistemas de protección según los principios básicos empleados en Higiene y Seguridad.

** Técnicas de laboratorio específicas*

– En principio, el número de personas presentes en el laboratorio no será nunca superior al de cabinas de seguridad biológica; sin embargo, debe tenerse en cuenta que una persona suplementaria trabajando en la poyata, puede colaborar activamente a mejorar el rendimiento de los que trabajan en las cabinas de seguridad.

– Hay que aplicar la regla de trabajo en parejas, en virtud de la cual ningún individuo debe trabajar solo en el interior del laboratorio.

– Todo el material contaminado hay que desinfectarlo antes de salir del laboratorio, sea a través del autoclave o bien por vía química.

– Hay que prever la desinfección del local.

– Es importante que cuando se manipulen animales infectados o se abran viales que puedan generar aerosoles fuera de las cabinas de seguridad biológica se emplee un equipo de protección respiratoria.

– El responsable del laboratorio debe establecer las reglas o los procedimientos según las cuales se autorizará el acceso al laboratorio. Sólo las personas prevenidas de la naturaleza de la investigación y/o que estén vacunadas contra el agente biológico en cuestión, serán autorizadas a entrar en el lugar de trabajo y teniendo en cuenta para ello la opinión del servicio médico. La lista de las personas autorizadas estará colgada en la puerta de acceso al nivel contención biológica 3.

** Otras consideraciones a tener en cuenta*

– Cualquier accidente con exposición a agentes infecciosos debe ser inmediatamente notificado al responsable del laboratorio y al servicio de prevención.

– Los libros, libretas, documentos, etc. que se utilicen en el laboratorio se desinfectarán antes de salir del mismo.

– En la puerta de acceso al laboratorio de nivel 3 de contención biológica, además de colocar la señal internacional de peligro biológico, hay que identificar al agente biológico, mencionar el nombre del director del laboratorio y de la persona/s responsables en su ausencia e indicar cualquier condición especial impuesta a quienes entren en la zona (inmunizaciones, ropas, equipos de protección individual imprescindibles, etc.).

• *Nivel de contención biológica 4*

** Instalación del laboratorio*

– Antes de construir y poner en funcionamiento un laboratorio de contención máxima se requiere una labor intensiva de consulta con instituciones que hayan adquirido experiencia en la utilización de laboratorios de este tipo.

– El laboratorio de contención biológica 4 estará situado en un local con acceso limitado y aislado del resto de laboratorios por tabiques.

– La entrada y salida del personal se hará a través de vestíbulos de independencia. Al entrar el personal se cambiará completamente de ropa y al salir se duchará antes de ponerse la ropa de calle.

– Las paredes estarán construidas de forma que el laboratorio sea un recinto cerrado herméticamente que permita la descontaminación por vaporización y que además impida la entrada y salida indeseada de animales (roedores, insectos, artrópodos, etc.).

– La superficie de las paredes será de material resistente a los productos químicos y desinfectantes, para facilitar su limpieza y desinfección .

– El equipamiento del laboratorio tiene que ser robusto, sólido y simple. Los espacios entre mesas, aparatos, etc. tienen que ser accesibles y fáciles de limpiar.

– Las puertas del laboratorio deben cerrarse automáticamente y con cerradura. Las ventanas deben de ser de material irrompible, además de cerrar herméticamente.

– El suministro de agua tiene que estar protegido, para que no haya ningún retroceso. Si existe un sistema de vacio propio del laboratorio debe utilizarse fuera de la cabina de seguridad biológica.

– Los líquidos de desecho provenientes de los fregaderos, de las cabinas de seguridad biológica y de los autoclaves, se tienen que descontaminar antes de evacuarlos. Los efluentes procedentes de las duchas y lavabos serán descontaminados, antes de su evacuación, por un tratamiento químico o por calor dentro del sistema de descontaminación de los residuos líquidos.

– El laboratorio de nivel 4 de seguridad biológica tendrá un sistema de ventilación propio, que lo mantendrá en depresión, mediante un sistema mecánico de entrada y la expulsión de aire a través de filtros HEPA. Sería conveniente un sistema de alarma en caso de un mal funcionamiento. La salida al exterior estará separada de tomas de aire y de lugares habitados. Los filtros HEPA deben tener fácil acceso para su descontaminación y las distintas pruebas y ensayos después de su colocación.

– El aire que proviene de las cabinas de seguridad biológica puede ser evacuado hacia el exterior por el sistema de ventilación del laboratorio. Hay que tener precaución que en las ramificaciones del sistema de salida no haya interferencias entre las salidas de las cabinas y el sistema de depresión del laboratorio.

** Equipo especial de contención*

– El laboratorio que experimente con microorganismos que necesiten el nivel 4 de seguridad biológica, estará equipado con cabinas de seguridad biológica tipo III. También se puede trabajar en cabinas de tipo I y II si el laboratorio está preparado para admitir trabajadores con trajes aislantes con presión positiva.

** Técnicas de laboratorio específicas*

– En los laboratorios de contención máxima, nivel 4 de contención biológica, la entrada y salida de personal y de los suministros se realizará a través de vestíbulos de independencia, cambiándose de ropa al entrar y duchándose al salir.

– Las superficies de trabajo serán desinfectadas con un desinfectante apropiado después de cada experiencia e inmediatamente después de cualquier derrame de material con riesgo biológico.

– Una nota clara y a la vista debe especificar el desinfectante a utilizar, la concentración y el tiempo de contacto.

– El material biológico que deba salir del laboratorio de nivel 4 de contención biológica, tiene que estar en un embalaje formado por tres capas: un recipiente primario estanco donde se coloca la muestra (a), un recipiente estanco secundario (b) que contiene material absorbente (c) en cantidad suficiente y una envoltura exterior (d) con la adecuada protección (e). Por fuera del recipiente secundario se colocará la información relativa a la muestra y las condiciones de apertura (Figura 13-8). Esta información se remitirá por separado al receptor y el expedidor se quedará con una copia.

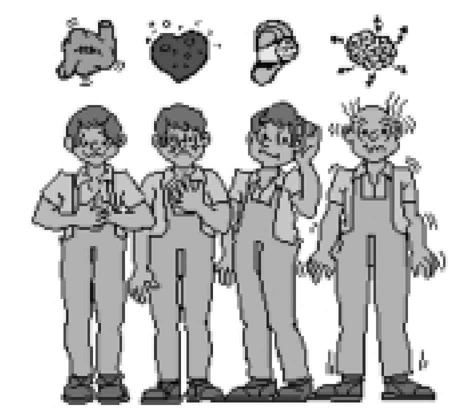


Figura 13-8

– No puede salir ningún material del laboratorio de nivel 4 de contención biológica, exceptuando el material biológico que debe mantenerse en estado viable, sin antes haber sido esterilizado o descontaminado. Los muebles o equipos que se puedan estropear a altas temperaturas o con vapor, antes de salir del laboratorio se desinfectarán por inmersión o fumigación.

– Sólo estarán autorizadas para entrar, las personas cuya presencia sea necesaria para la experiencia que se esté realizando. Las personas que tengan un alto riesgo para la

adquisición de una infección o las que una infección puede ser altamente perjudicial, no estarán autorizadas para entrar en el local ni tampoco en el animalario. La lista de personas autorizadas para entrar se colocará en la puerta de entrada del laboratorio.

– El personal sólo podrá entrar y salir únicamente por el vestuario y la ducha de seguridad. Los trabajadores tienen que ducharse cada vez que salgan del laboratorio de máxima contención. El vestíbulo se utilizará solamente como entrada y salida en caso de urgencia.

– La ropa de calle de los usuarios se guardará en el vestuario y habrá a su disposición un equipo complementario de ropa de laboratorio, incluído zapatos, guantes, etc. Toda persona que entre en el laboratorio de nivel 4 de contención biológica debe cambiarse de ropa. Los vestidos de trabajo deben dejarse en el vestuario en el momento de la salida y antes de entrar en la ducha, además éstos no saldrán del vestuario sin antes ser descontaminados.

– A causa de la gran complejidad del trabajo, habrá que editar un manual detallado de operaciones que se ensayarán en el curso de los programas de prácticas.

Consideraciones con relación a los animales de experimentación.

Siguiendo la misma sistemática que para los laboratorios, los niveles de seguridad biológica (contención) a emplear con los animales de experimentación quedarían resumidos en la tabla 13-8:

Medidas particulares siguiendo los niveles de seguridad biológica (NSB)			
	NSB 2	**NSB3**	**NSB4**
Equipos para el personal	Bata cerrada por la espalda, guantes y gafas.	Mono, máscara quirúrgica.	Compartimento con ducha; mono cerrado o máscara
Limpieza de material	Sistemas de autoclave recomendado antes de lavar.	Sistema de autoclave obligatorio antes de mover las camas. Material desechable	
Control de los accesos	Personal informado y cuya presencia sea necesaria.	Exclusión de personas con riesgo	Normas estrictas. Plan de urgencia en caso de accidente.
Materiales	Jeringas con racor o desechable.	Cánulas en lugar de agujas.	
Residuos	Sistema de autoclave recomendado. Incineración de cadáveres.	Sistema de autoclave obligatorio. Incineración. Transporte en bolsa estanca.	Autoclave con doble entrada.
Equipos especiales		Cabina con flujo laminar vertical Jaulas con tapa filtrante	Cabina estanca con guantes ventilada y filtrada
Las puertas de la unidad de animales han de tener cerradura automática. Prohibición de comer, beber, fumar y de introducir productos de uso humano en la unidad de animales. Higiene elemental: lavado de manos antes de abandonar la unidad de animales. Luchar contra los insectos y los roedores. Minimizar la formación de polvo y aerosoles.			

Tabla 13-8: NIVELES DE SEGURIDAD BIOLÓGICA A EMPLEAR CON ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

Desinfección y descontaminación

Generalidades

Antes de desarrollar este aspecto, de forma muy resumida, es conveniente establecer el siguiente vocabulario normalizado:

Asepsia: Método para prevenir las infecciones por la destrucción o evitando los agentes infectivos, en especial por medios físicos.

Bactericida: Producto que tiene la propiedad de matar las bacterias en unas condiciones de empleo definidas.

Bacteriostático: Producto que posee la propiedad de inhibir momentáneamente la multiplicación de las bacterias en unas condiciones de empleo definidas.

Descontaminación: Acción que tiene por fin eliminar, matar o inhibir los microorganismos indeseables en función de los objetivos fijados. Sólo son destruidos los microorganismos presentes durante esta operación. Es parcialmente bacteriostática.

Desinfección: Destrucción de los microorganismos patógenos en todos los ambientes, materias o partes en que pueden ser nocivos, por los distintos medios mecánicos, físicos o químicos (desinfectantes) contrarios a su vida o desarrollo.

Esterilidad: Ausencia absoluta de microorganismos. Es una noción relativa, que debe considerarse siempre en referencia con los métodos utilizados para controlarla: tipo de muestra, naturaleza del medio de cultivo, condiciones de estos cultivos, tales como temperatura y duración de la incubación, ph, potencial de oxidorreducción, etc.

Esterilización: Destrucción de todos los microorganismos contenidos en una parte u objeto cualquiera por medios físicos (calor, presión, radiaciones, etc.) o químicos (antisépticos).

Métodos de desinfección del aire

Filtración

Permite separar las substancias sólidas o líquidas particuladas del fluido en el cual están en suspensión. Los parámetros que se deben considerar en una filtración son: el diámetro de la partícula, la velocidad del fluido y el tamaño de poro del filtro.

Los filtros empleados habitualmente para el tratamiento del aire retienen el aerosol (líquido o sólido) en el que pueden hallarse los agentes, pero no a éstos si no se hallan depositados en las partículas del aerosol. Si se requiere una filtración de alta eficacia, es decir, que retenga además del polvo los agentes biológicos, deben utilizarse los filtros de alta eficacia (filtros HEPA).

Radiaciones ultravioleta (UV)

Su efecto bactericida empieza a partir de 250 nm, con un máximo de eficacia hacia los 260 nm.

La desinfección de una zona con la utilización de los tubos que emiten los rayos ultravioleta debe hacerse en ausencia de personas. Para aumentar la eficacia de la desinfección, se han de sacar del laboratorio todos los objetos que sean un obstáculo para la descontaminación, por producir zonas de sombra.

El procedimiento de desinfección con radiaciones UV es simple y rápido, bastando 30 minutos para un laboratorio de volumen normal, siempre y cuando la fuente de emisión esté situada en el centro del mismo.

Desinfección de locales

Para llevar a cabo una desinfección del tipo que sea, es necesario tener en cuenta la actividad desinfectante del producto, la concentración que ha de tener para su aplicación, el tiempo de contacto con la superficie que se ha de descontaminar y las especies contaminantes y el número de gérmenes que se han de eliminar.

El producto desinfectante debe tener un amplio espectro de actividad y una acción rápida e irreversible, presentando la máxima estabilidad posible frente a ciertos agentes físicos, no debe deteriorar los objetos que se han de desinfectar ni tener un umbral olfativo alto ni especialmente molesto, debiendo presentar una relación calidad/precio competitiva.

Una correcta aplicación de los desinfectantes será, en general, aquella que permita un mayor contacto entre el desinfectante y la superficie a desinfectar. En consecuencia, cuando se utilice un desinfectante en forma de aerosol, para asegurar que desinfecta toda la superficie a tratar, se mojará ésta previamente con la ayuda de un trapo. Otra posibilidad es, posteriormente a la aplicación del aerosol, extender el desinfectante en la superficie con la debida protección, utilizando guantes y si es necesario mascarilla.

Para el empleo de estos productos, será necesario tener conocimiento de los riesgos ligados a su utilización, así como de los consejos de prudencia que deben estar indicados en la etiqueta y en la ficha de seguridad. En general, el producto debe poderse aplicar de tal manera que no presente toxicidad aguda o crónica para los animales y el hombre que puedan entrar en contacto con él. Debe tenerse en cuenta que por su propia función, destrucción de microorganismos, muchos desinfectantes tienen unas características de toxicidad importantes para el hombre, por lo que deben seguirse siempre al pie de la letra las instrucciones para su aplicación contenidas en las etiquetas y fichas de seguridad.

Características a tener en cuenta en el uso de desinfectantes y antisépticos:

MICROORGANISMOS							
DESINFECTANTES	Bacterias Gram + Gram -	Micobacterias	Esporas	Hongos y levaduras	Virus	Antagonismos	Sinergismos
Aldehídos	+++ +++	++	++	++	++	Amoníaco	
Compuestos clorados	+++ +++	±	+	++	+	Materia orgánica Tiosulfatos Sulfuros Sales ferrosas	
Compuestos yodados	+++ +++	++	++	+++	+	Materia orgánica Compuestos de Hg Tiosulfato de sodio	Jabones Amonio Cuaternario
Compuestos de amonio Cuaternario (catiónicos)	+++ +	±	± discutido	±	±	Materia orgánica	Cresol
Fenoles	+++ ±	±	±	++	±	Materia orgánica Amonio cuaternario Ciertos Jabones Alcohol para el hexaclorofeno	Sales de sodio y potasio Sales metálicas
Tomado de Simons y Sotty, 1991. Basado en la instrucción n.º 103/DEF/DCSSSA/2TEC del Ejército francés 1985							

Tabla 13-9: ESPECTRO DE ACTIVIDAD Y SINERGISMOS Y ANTAGONISMOS DE DESINFECTANTES Y DE ANTISÉPTICOS

	DILUCIÓN EMPLEADA (g/l)	TIEMPO DE CONTAC-TO (min)		MICRO-ORGANISMOS INACTIVADOS				CARACTERISTICAS PRINCIPALES								POSIBLES APLICACIONES			
		VIRUS LIPÍDICOS	AMPLIO ESPECTRO	BACTERIAS VEGETATIVAS	VIRUS LIPÍDICOS	VIRUS NO LIPÍDICOS	ESPORAS BACTERIANAS	CONSERVACIÓN > 1 SEMANA	CORROSIVO	RESIDUO	INACTIVADO POR LA MATERIA ORGÁNICA	IRRITANTE CUTÁNEO	IRRITANTE OCULAR	IRRITANTE RESPIRATORIO	TÓXICO	SUPERFICIES DE TRABAJO	CRISTALERÍA SUCIA	DESCONTAMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL EQUIPO	LÍQUIDOS DEL EQUIPO
COMPUESTOS DE AMONIO CUATERNARIO	1-20	10	NE	+	+	+		+			+	+	+		+	+	+	+	
COMPUESTOS FENÓLICOS	10-50	10	NE	+	+	**		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	
HIPOCLORITOS*	5-10	10	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
YÓDÓFORO*	0,075-16	10	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	
ALCOHOL ETÍLICO	700-850	10	NE	+	+	**		+	+	+			+		+	+	+	+	
ALCOHOL ISOPROPÍLICO	700-850	10	NE	+	+	**		+	+	+			+		+	+	+	+	
SOLUCIÓN DE FORMALDEHÍDO	2-80	10	30	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	
GLUTARALDEHÍCO	20	10	30	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	
NE=NO EFICAZ / *HALOGENO LIBRE / ** RESULTADOS SEGÚN EL VIRUS																			

Tabla 13-10: DESINFECTANTES DE USO CORRIENTE CON INDICACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EMPLEADAS, PROPIEDADES Y POSIBLES APLICACIONES (TOMADA DEL MANUAL DE BIOSEGURIDAD DE LA OMS)

Desinfección de superficies por vía aérea

La substancia utilizada como desinfectante en este caso debe difundir fácilmente en el aire, poderse preparar sin dificultad y ser eficaz frente a la totalidad de los microorganismos. Al igual que se ha comentado en el apartado anterior, debe tenerse en cuenta su toxicidad, así como el riesgo de inflamabilidad.

El producto más utilizado es el formaldehído que, a temperatura ambiente, es un gas inflamable con unos límites de inflamabilidad entre 7 y 73% en volumen, por lo que puede formar mezclas explosivas con el aire.

A pesar de todos los peligros que comporta su uso, el formaldehído sigue siendo un compuesto muy utilizado para la descontaminación de locales y aparatos hospitalarios, salas, edificios, cabinas de seguridad biológica, etc.

La desinfección de superficies por vía aérea con ayuda de formaldehído se puede llevar a cabo por calentamiento de formol, pero normalmente se parte del paraformaldehído, sólido blanco cristalino, que es formaldehído polimerizado, obtenido por concentración de formol.

Medios de desinfección contra el virus del SIDA y de hepatitis B

Considerando las características propias de trasmisión del virus del SIDA (VIH: virus de inmunodeficiencia humana) y de la hepatitis B, se deduce que, en los puestos de trabajo, el único mecanismo de transmisión que debe tenerse en cuenta es el contacto con la sangre u otros fluídos corporales de una persona infectada, siendo los trabajadores que manipulan fluidos corporales contaminados los que están más expuestos a un riesgo de contagio. A continuación se comentan una serie de procedimientos de desinfección en relación con estos tipos de virus. Si no se indica lo contrario se considera que son

igualmente efectivos para ambos tipos de virus. Por otra lado, no hay que perder de vista que frente al virus de la hepatitis B existe actualmente una vacuna cuya aplicación a las personas profesionalmente expuestas está reglamentada. En la tabla 13-11 se resumen una serie de acciones de eficacia comprobada frente al VIH.

Instrumental quirúrgico	Autoclave de vapor a 120º C durante 20 minutos Ebullición durante 20 minutos Calor seco 170º C durante 2 horas
Material anestesia	Óxido de etileno
Instrumental oftalmológico	Agua oxigenada al 3% durante 5-10 minutos
Superficies metálicas	Aldehídos asociados al 1% durante 30 minutos (Glutaraldehído + Formol + Glioxal) Alcohol etílico al 70%
Superficies no metálicas	Hipoclorito sódico al 0,5% durante 30 minutos
Jeringas y agujas	Autoclave de vapor a 120º C durante 20 minutos No productos químicos No calor seco
Mucosa y piel	Povidona yodada al 7,5% durante 3-10 minutos

Tabla 13-11: USOS, PRODUCTOS Y TIEMPOS DE DESINFECCIÓN FRENTE AL VIH

Medios físicos

Radiaciones: El virus VIH es relativamente resistente a las radiaciones. Se ha observado una inactivación parcial del VIH a dosis de 2,5 x 10^5 rad de radiaciones γ, y 5 x 103 J/m^2 de radiaciones de luz ultravioleta a la longitud de onda de 254 nm. En consecuencia, la utilización de radiaciones es poco efectiva para la inactivación del VIH y se recomienda utilizar cualquiera de los medios que se describen a continuación, dependiendo de cada caso.

Calor: A temperatura ambiente el VIH sobrevive de 3 a 7 días en ambiente seco, mientras que a 37ºC, en medio acuoso, sobrevive de 10 a 15 días. Calentando a 56ºC durante 3 minutos, no se observa ninguna actividad a las 3 horas y, a temperaturas superiores a 60ºC, el VIH queda rápidamente inactivado, mientras que el virus de la hepatitis B es capaz de sobrevivir hasta 10 horas a la misma temperatura.

Medios químicos

Así como estos virus muestran una gran resistencia al calor, son, como otros retrovirus, muy sensibles a los desinfectantes químicos y a los detergentes.

El VIH se inactiva frente a soluciones recientes de hipoclorito sódico al 0,5% (solución al 10% de lejía para usos domésticos) durante 30 minutos, frente a alcohol de 70º de 1 a 15 minutos y frente a una solución de glutaraldehído al 2% durante 1 hora. Es igualmente inactivado con formol al 2% y solución de agua oxigenada al 3% de 5 a 10 minutos. Por último, se ha de tener en cuenta que el VIH es más resistente a los desinfectantes en estado seco que en estado húmedo.

El virus de la hepatitis B es resistente a ciertos antisépticos a ebullición breve y a alcohol de 70º. En cambio es muy sensible a las soluciones del 10% de lejía comercial.

Profilaxis preexposición en trabajadores expuestos a patógenos trasmitidos por vía hemática

Como ejemplo de medidas de profilaxis se citan a continuación las recomendaciones de los Centers for Disease Control (CDC) de los EEUU. Su filosofía de actuación se basa en que todo paciente que está siendo tratado es potencialmente infeccioso hasta que no se demuestre lo contrario. Estas medidas son aplicables para cualquiera de los patógenos transmisibles a través de la sangre.

Las medidas propuestas son las siguientes.

- Todos los trabajadores sanitarios deben utilizar medios de protección en forma de barrera para evitar la exposición de la piel y de las mucosas a la sangre y a los distintos fluidos corporales de los pacientes. Deben usarse guantes para tocar cualquier fluido corporal, para tocar cualquier instrumental manchado o para efectuar cualquier tipo de punción . Si hay peligro de salpicadura de sangre o de algún fluido biológico, se utilizará protector facial, o mascarilla y gafas protectoras y delantal o bata.
- Hay que tomar las precauciones necesarias para evitar lesiones provocadas por agujas, bisturíes y objetos cortantes. Nunca se deben reencapuchar las agujas ni retirarlas de las jeringas desechables. Los objetos cortantes y punzantes, una vez utilizados, deben colocarse en un envase resistente, próximo al área de trabajo, para posteriormente ser eliminados.
- Aunque no se ha comprobado que la saliva sea una vía de transmisión de ciertos virus, se dispondrá, en las zonas de posible uso, de los elementos necesarios para proteger del contagio por si hubiera que realizar una reanimación boca a boca
- Los sanitarios que tengan lesiones cutáneas exudativas o serosas, deben evitar cualquier contacto directo con el paciente hasta que las heridas estén completamente curadas.

La adopción de estas precauciones universales, permite minimizar los riesgos de exposición de los trabajadores sanitarios a los siguientes líquidos biológicos:

- Sangre y componentes de la misma como las plaquetas, eritrocitos etc. y hemoderivados.
- Semen.
- Líquidos biológicos, como líquido cefalorraquídeo, secreciones vaginales, líquido sinovial, pleural, pericárdico, peritoneal y amniótico.
- Fluidos contaminados con sangre.

Conducta a seguir ante un accidente laboral con exposición a sangre y fluidos corporales contaminados.

Ante un accidente laboral con riesgo de exposición a sangre o fluidos corporales contaminados deberán aplicarse una serie de acciones con el orden siguiente:

- Limpieza de la herida:

Inmediatamente después de producirse el contacto accidental con sangre u otros fluidos hay que quitarse los guantes y lavarse cuidadosamente la herida con iodóforos (p.e., providona iodada) que son activos frente a bacterias, micobacterias, virus lipídicos y no lipídicos, así como frente a esporas. En personas alérgicas al iodo se puede emplear la cloramina.

• Comunicación al Servicio de Prevención:

Todo accidente relacionado con sangre y sus derivados debe ser comunicado al Servicio de Prevención e inmediatamente se realizará una ficha epidemiológica para conocer los datos relacionados con el accidente (nombre, edad, sexo, categoría profesional, lugar del accidente, hora en que ocurrió, mecanismo de producción, localización y naturaleza de la lesión, etc.).

• Estado inmunológico del individuo accidentado.

Cuando pueda identificarse la fuente, previo consentimiento y tras haber sido informado, se procederá a extracción sanguínea para determinar los anticuerpos frente al antígeno del núcleo o core (AntiHB-core) total, frente al VHC y los anticuerpos frente al VIH. Según sea la naturaleza de la "fuente" se procederá a la quimioprofilaxis y seguimiento adecuado a cada caso según figura 13-9.

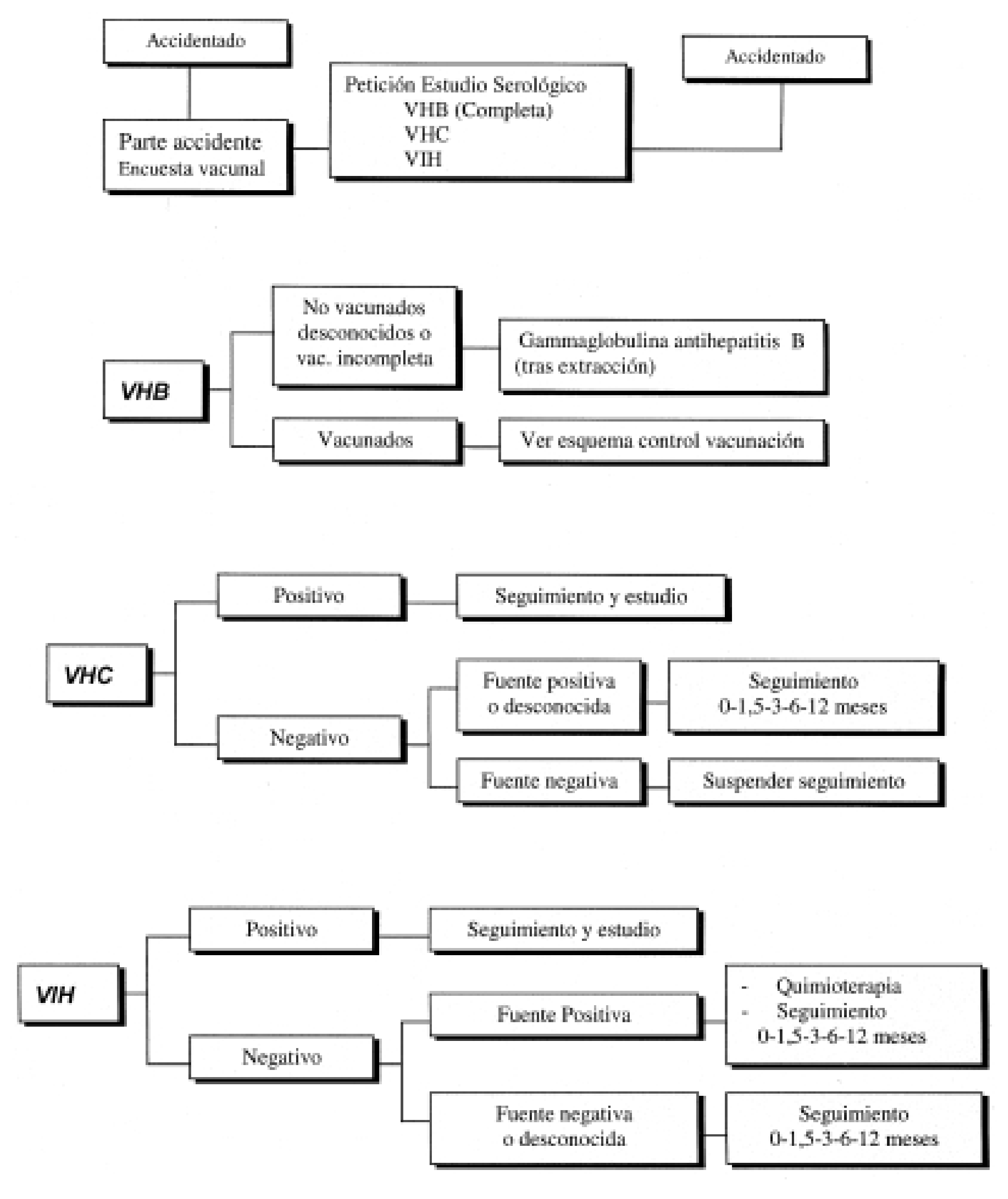


Figura 13-9: CONDUCTA A SEGUIR ANTE UNA EXPOSICIÓN ACCIDENTAL A VHB, VHC Y VIH

RESIDUOS BIOLÓGICOS

Clasificación

Los residuos generados por actividades sanitarias se clasifican en:

Residuos sanitarios asimilables a residuos municipales o de tipo I

Son residuos sin ninguna contaminación específica. Se trata generalmente de residuos generados en estancias donde no hay actividad sanitaria: oficinas, cafetería, almacenes, salas de espera, jardines, etc. Han de seguir la misma vía de eliminación y tratamiento que los residuos sólidos urbanos.

Residuos sanitarios no específicos o de tipo II

Son residuos sobre los cuales se han de observar medidas de prevenciòn en su manipulación, recogida, almacenaje y transporte, únicamente en el ámbito del centro sanitario. Constituyen una reserva importante de gérmenes oportunistas que, a través de un vector adecuado (el personal sanitario por medio de las manos, los antebrazos y el torso, por ejemplo), pueden afectar a los enfermos inmunodeprimidos. El almacenaje en el edificio debe realizarse en bolsas de galga superior a la de los residuos asimilables a residuos municipales. El transporte ha de ser diferenciado, aunque no su tratamiento final.

Estos residuos incluyen ropa y material de un solo uso contaminados con sangre, secreciones y/o excreciones, no englobados dentro de los residuos clasificados como residuos sanitarios específicos.

Residuos sanitarios específicos de riesgo o de tipo III

Son residuos sobre los cuales se han de observar medidas de prevención en la manipulación, la recogida, el almacenaje, el transporte, el tratamiento y la eliminación, tanto dentro como fuera del centro generador, ya que pueden representar un riesgo para la salud laboral y pública. Se pueden clasificar en:

– *Residuos infecciosos*

Aquellos capaces de transmitir las enfermedades infecciosas que figuran en la tabla 13-12. En esta tabla se indican, a modo de ejemplo, los tipos de contaminación que ha de tener el residuo para que se considere capaz de transmitir la enfermedad.

– *Residuos anatómicos*

Cualquier resto anátomico humano. No se incluyen los restos con entidad.

– *Sangre y hemoderivados en forma líquida*

Recipientes que contengan sangre o hemoderivados, u otros líquidos biológicos. Se trata siempre de líquidos, en ningún caso de materiales manchados o que hayan absorbido estos líquidos.

– *Agujas y material punzante y cortante*

Cualquier objeto punzante o cortante utilizado en una actividad que implique riesgo biológico, independientemente de su origen. Son ejemplos de ellos: agujas, pipetas, hojas de bisturí, porta y cubreobjetos, capilares y tubos de vidrio.

INFECCIONES	RESIDUOS CONTAMINADOS CON (**)
Fiebres hemorrágicas víricas: * Fiebre de Congo-Crimea * Fiebre de Lasa * Marburg * Ébola * Fiebre Argentina (Junin) * Fiebre Boliviana (Machupo) * Complejo encefalítico trasmitido por artrópodos vectores (arbovirus): * Absettarow * Hanzalova * Hypr * Kumlinge * Kiasanur Forest Disease * Fiebre de Omsk * Russian spring-summer encephalitis	Todos
Brucelosis **Difteria**	Pus D. faríngea: secreciones respiratorias. D. cutánea: secreciones de lesiones cutáneas
Meningitis	M. aséptica y M. bacteriana en recién nacidos: heces Otras meningitis: secreciones respiratorias
Cólera	Heces
Encefalitis de Creutzlfeld-Jacob	Heces
Muermo	Secreciones de lesiones cutáneas
Tularemia	T. pulmonar: secreciones respiratorias T. cutánea: pus
Ántrax	A. cutáneo: pus A. inhalado: secreciones respiratorias
Peste	P. bubónica: pus P. neumónica: secreciones respiratorias
Rabia	Secreciones respiratorias
Fiebre Q	Secreciones respiratorias
Tuberculosis activa	Secreciones respiratorias
Hepatitis vírica	Hepatitis B y C: agujas y material punzante Hepatitis A: heces
Tifus abdominal	Heces
Lepra	Secreciones de lesiones cutáneas
Fiebre paratifoidea A, B y C	Heces
Disentería bacteriana	D. bacterias: heces / D. amebiana: heces
SIDA	Agujas y material punzante y cortante
(*) Se trata de una lista abierta que podrá ser objeto de revisión cuando se disponga de nuevos criterios de valoración del riesgo de transmisión de las infecciones. (**) Sólo cuando la contaminación esté identificada o proceda de pacientes con evidencia clínica de infección. Cuando se habla de heces se refiere a material manchado con ellas, no a las propias heces que se han de eliminar a través de las instalaciones sanitarias.	

Tabla 13-12: RESIDUOS SANITARIOS ESPECÍFICOS CAPACES DE TRANSMITIR INFECCIONES
Enfermedades infecciosas (*) transmisibles por agentes patógenos contenidos en los residuos sanitarios infecciosos (Grupo III)

– Cultivos y reservas de agentes infecciosos

Residuos de actividades de análisis o experimentación microbiologica, como cultivos de agentes infecciosos y material de desecho en contacto con ellos: placas de Petri, hemocultivos, extractos líquidos, caldos de cultivo, instrumental contaminado, etc., y reservas de agentes infecciosos.

– Residuos procedentes de animales infecciosos

Cadáveres, partes del cuerpo y otros residuos anatómicos, literas de animalario u otro material contaminante procedentes de animales de experimentación que hayan sido inoculados con los agentes infecciosos responsables de las infecciones que se citaron en la tabla anterior. Hay que tener en cuenta que muchos animales de experimentación no han sido infectados y, por lo tanto, los residuos asociados no han de ser catalogados como residuos específicos. En consecuencia, esta categoría tiene una incidencia baja en la generación total de residuos específicos en el laboratorio.

– Vacunas vivas y atenuadas

Restos de estos medicamentos. No se incluyen los materiales de un solo uso manchados de medicamento.

Residuos tipificados en normativas singulares o de tipo IV

– Residuos contaminados químicamente

Residuos citostáticos: restos de medicamentos antineoplásticos no aptos para el uso terapeútico y todo el material de un solo uso que haya estado en contacto con ellos. Por su peligrosidad, importancia cuantitativa y especificidad, destacan en el grupo de los residuos con contaminación química que se pueden generar en una actividad sanitaria.

– Residuos químicos o contaminados con productos químicos

Se trata de materiales de composición muy diversa: disolventes, reactivos químicos, líquidos de revelado de radiografías, medicamentos desechados o caducados, lubricantes, etc. Para los residuos químicos de estas características, claramente diferenciados de los industriales , se aplican los principios de gestión de residuos tóxicos en pequeñas cantidades (RTPC) basada en criterios de minimización, reutilización, neutralización y eliminación. Este grupo incluye también los termómetros (mercurio) y las baterías y pilas. También para estos residuos, que pueden acabar siendo muy abundantes, se aplican criterios específicos de recogida, en el caso de los termómetros, y de recogida y selección en el caso de las baterías y pilas.

– Residuos radiactivos

Su recogida y eliminación se enmarca en la reglamentación sobre actividades radiactivas y es competencia exclusiva de ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.).

– Restos anatómicos humanos con entidad

Cadáveres y restos humanos con entidad suficiente, procedentes de abortos u operaciones quirúrgicas. Su gestión está regulada por el Reglamento de Policía Sanitaria Mortuoria (Decreto 2263/1974).

Para un laboratorio no incluído en un centro sanitario, las instrucciones que se han de seguir para la gestión de los residuos con riesgo biológico son las que se refieren exclusivamente al grupo III.

Gestión de los residuos biológicos

La responsabilidad de hacer cumplir la normativa referente a la clasificación, la recogida, el almacenaje, o la cesión de los residuos sanitarios al transportista autorizado y, si es necesario, la referente al tratamiento y eliminación, corresponde normalmente al director o al gerente del centro sanitario que genera los residuos. En consecuencia y por lo que se refiere al laboratorio, de acuerdo con las misma filosofía, el responsable del laboratorio deberá: vigilar el cumplimiento de las disposiciones aplicables a las operaciones citadas anteriormente, informar al personal del laboratorio de los riesgos asociados a los residuos sanitarios y la forma de prevenirlos, tomar las iniciativas oportunas para conseguir la gestión correcta de los residuos con riesgo biológico y asimilables y tramitar a la Administración competente las informaciones y los datos que les sean solicitados, garantizando su exactitud.

Esto pasaría por las siguientes fases:

1. Minimización en origen

El primer paso es limitar el uso de material desechable sólo para los trabajos que entrañen un peligro de infección y no existan alternativas técnicas seguras.

2. Recogida

El sistema empleado dependerá de sus características, estableciendose un sistema de identificación y separación cuando se trate de materiales contaminados. En general, con los residuos contaminados o sobre los que se desconoce su potencialidad infectiva, se puede actuar de acuerdo con el siguiente protocolo:

- Residuos sanitarios no especificados o de tipo II: La recogida se realizará en bolsas de galga no inferior a 220 mgr/cm^2.
- Residuos sanitarios específicos o de tipo III: Se deben recoger en recipientes rígidos específicos para este tipo de residuos. Los residuos cortantes y punzantes han de ser recogidos en recipientes impermeables, rígidos y a prueba de pinchazos, eliminándose una vez llenos los recipientes como residuos sanitarios específicos.

Almacenamiento

Los residuos sanitarios se podrán almacenar en el mismo edificio durante un periodo máximo de 72 horas, que se puede alargar a una semana si se dispone de un sistema de refrigeración (temperatura máxima de 4ºC).

El lugar de almacenamiento debe estar ventilado, bien iluminado, debidamente señalizado, acondicionado para poder desinfectarlo y limpiarlo, y situado de manera que no pueda afectar a espacios vecinos. Se ha de poder cerrar y ha de tener fácil acceso desde el exterior. El almacén ha de estar protegido de la intemperie, de las temperaturas elevadas, de los animales, y el acceso sólo se permitirá al personal autorizado.

En caso de no disponer de un sistema de tratamiento propio, las operaciones de carga de los vehículos de transporte se deben realizar en condiciones de seguridad, limpieza y agilidad, disponiendo al efecto los espacios y medios que sean necesarios. Estas instalaciones deben permitir una fácil limpieza y desinfección.

Transporte

Es recomendable que los residuos sean transportados al almacén de residuos sanitarios en un periodo máximo de 12 horas. Los contenedores o estructuras de soporte

y sistemas de transporte han de limpiarse en lugares adecuados con agua a presión y detergentes.

Asimismo es recomendable que, tanto los sistemas de transporte como los contenedores, sean estructuras sin rincones, que faciliten al máximo el proceso de limpieza. No se han de dejar bolsas ni recipientes de residuos en lugares no previstos, si no es la zona donde se han producido, o bien en el almacén. Es necesario delimitar las zonas intermedias de almacenaje de los residuos. Uno de los problemas más importantes durante el transporte de los residuos intracentro es la rotura de las bolsas. Para evitarlo es recomendable utilizar bolsas de galga adecuada (nunca inferior a 220 mg/cm^2), no almacenar las bolsas unas encima de otras (las bolsas han de estar una al lado de la otra sobre una superficie horizontal), no comprimir las bolsas dentro de la estructura o carro de transporte ni sobrepasar el nivel que permita el cierre de la tapa del carro y no arrastrar nunca las bolsas por el suelo, empleándose los sistemas de transporte adecuados.

El personal que transporta los residuos ha de llevar guantes resistentes a los pinchazos por agujas, vidrios y otros materiales punzantes, pero que a la vez se adapten y sean cómodos. Este personal ha de disponer de un uniforme exclusivo para este trabajo y en el momento de terminarlo ha de tener a su disposición un baño con ducha y un uniforme limpio. Siempre que en la manipulación se sospeche que pueden producirse aerosoles o salpicaduras se han de utilizar gafas y mascarilla.

Tratamiento y eliminación

El tratamiento y eliminación de los residuos sanitarios del grupo III y citostáticos debe atender a criterios de inocuidad, asepsia y salubridad, con el fin de garantizar la eliminación de los gérmenes patógenos y la protección del medio ambiente.

Los residuos del grupo III se podrán eliminar mediante incineración, teniendo en cuenta los aspectos anteriormente expuestos. También se podrán eliminar como residuos asimilables a los municipales, siempre que hayan sido previamente tratados mediante esterilización, por vapor caliente a presión por técnica de autoclave, es decir, mediante acción desinfectante por proceso fraccionado de vapor al vacío.

El mejor método de eliminación de la sangre, derivados y secreciones orgánicas es verterlos por un desagüe conectado a la red de saneamiento. No es necesaria su desinfección. Se ha de tener en cuenta que los colectores y cloacas están concebidas para recibir grandes cantidades de materias orgánicas infecciosas.

Por otro lado, estos residuos biológicos líquidos representan un volumen muy pequeño en comparación con las materias orgánicas fecales que se elimina normalmente por la red de saneamiento. La única excepción a esta práctica la constituyen los residuos sanitarios específicos líquidos procedentes de personas con infecciones no endémicas en España y los cultivos líquidos de microbiología, que han de tratarse como residuos sanitarios específicos sólidos.

Es importante que el vertido por el desagüe se haga con mucho cuidado, de forma que se eviten al máximo las salpicaduras y la formación de aerosoles. Por lo tanto, si el recipiente con líquido biológico es difícil de abrir, no se ha de intentar agujerearlo o forzarlo, sino que se ha de eliminar como residuo sanitario específico sólido grupo III.

En España, las disposiciones legales de diversas Comunidades Autónomas incluyen una relación de enfermedades transmisibles, así como los residuos que a partir de ellas se generan. Estas listas están sometidas a revisiones periódicas de acuerdo con la evolución de los conocimientos epidemiólogicos y de los avances técnicos. En la práctica, el riesgo potencial más elevado se centra en enfermedades de escasa frecuencia entre la población. Cabe destacar entre éstas: el antráx, el muermo, las producidas por

virus del grupo de las fiebres hemorrágicas africanas (enfermedad de Marburg, la fiebre hermorrágica de Ébola y la fiebre de Lassa) y las enfermedades lentas producidas por agentes convencionales (Creutzfeld-Jacob).

Por último, la eliminación de residuos citostáticos debe realizarse mediante neutralización química o incineración a una temperatura que pueda garantizar su destrucción, aplicando los principios del sistema de gestión de RTPC, anteriormente comentados.

Segunda parte

SEGURIDAD

CAPÍTULO 14: PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Cada año, en el mundo, millones de trabajadores sufren accidentes de trabajo que les producen lesiones de diversa gravedad. En cada uno de estos accidentes hay dolor físico y psíquico, pérdida de la capacidad de trabajo, preocupación y sufrimiento en la familia del accidentado, y costes económicos para la empresa y la sociedad en general.

Las personas trabajan para ganar su sustento creando riqueza para los demás y los accidentes de trabajo malogran estos dos propósitos porque incapacitan al trabajador para su trabajo, bien sea temporal o definitivamente, y dañan a los bienes humanos y materiales de la sociedad.

Por todo ello es necesario evitar los accidentes de trabajo, tarea ésta en la que tienen que participar todos: los trabajadores, los técnicos y directivos de las empresas, las autoridades del gobierno, etc. Razones éticas, económicas y legales sustentan el creciente interés por evitarlos o reducirlos.

CONCEPTO Y VALORACIÓN

Para analizar el concepto de accidente de trabajo veremos los siguientes apartados:

- ❑ Definición según la Ley de la Seguridad Social y ampliación del concepto.
- ❑ Objetivos del mantenimiento preventivo frente a los de la Seguridad en el Trabajo.
- ❑ Diferencia entre accidentes de trabajo y otras agresiones a la salud y bienestar de los trabajadores.
- ❑ Daños personales derivados de los accidentes de trabajo: lesiones.
- ❑ Pérdidas ocasionadas por el accidente de trabajo.

Definición según la Ley de la Seguridad Social

Todos tienen un concepto de lo que es un accidente de trabajo y si preguntásemos responderían que se trata de accidentes que producen lesiones y ocurren cuando se está trabajando.

Esta idea coincide con la definición que da la legislación. Según la Ley de la Seguridad Social, "se entiende por accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador sufre con ocasión o a consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena".

Esta definición legal se refiere tanto a las lesiones que se producen en el centro de trabajo como a las producidas en el trayecto habitual entre éste y el domicilio del trabajador. Estos últimos serían los accidentes llamados "in itinere".

Sin embargo, todo trabajador conoce que los daños que puede sufrir en su trabajo son variados y no siempre se les llama accidente de trabajo. Es el caso de las enfermedades que se contraen en el trabajo y el caso de las molestias y fatigas superiores a lo tolerable que no produciendo enfermedad, causan daño y malestar en la realización del trabajo y al cabo de cierto tiempo acabarán por generar también lesiones.

En el trabajo se producen también incidentes, que sin haber generado lesiones han ocasionado daños materiales o han alterado la secuencia normal de desarrollo del trabajo, llegando incluso a detenerlo.

Así por ejemplo, las averías se caracterizan por que acontecen sin haberlo previsto, alterando el proceso productivo y se diferencian le los accidentes, en que en estos últimos ha existido potencialidad lesiva sobre las personas, aunque no haya llegado a materializarse. El mantenimiento preventivo tiene por objetivo principal evitar averías, a diferencia de la Seguridad en el trabajo que tiene por objetivo principal evitar accidentes.

Ampliación del concepto de accidente de trabajo

Se amplía técnicamente el concepto de accidente del trabajo, en vistas a la efectividad de las actuaciones preventivas, con la siguiente definición: Suceso no deseado que interrumpe la continuidad del trabajo y que posee potencial de daño.

TODOS LOS ACCIDENTES DE TRABAJO SON EVITABLES.
MEDIANTE MÉTODOS Y ESTRATEGIAS ADECUADAS SE PODRÁN ALCANZAR NIVELES DE RIESGO TOLERABLES.

Hay que destacar el término "evitable", y que aparentemente es obvio, cuando precisamente los tópicos culturales que pesan sobre los accidentes de trabajo han asumido erróneamente que en ocasiones la fatalidad, e incluso las personas predispuestas (gafes), estaban en su origen.

Admitir que los accidentes de trabajo son evitables, es admitir las bases de trabajo de una Seguridad científica, por la cual con métodos y estrategias adecuadas, partiendo del principio de multicausalidad de los accidentes, se podrá actuar de forma eficaz para lograr niveles de riesgo tolerables. Se tratará al menos de asegurar que determinados accidentes y las situaciones de riesgo que las generan desaparezcan, para tolerar solamente aquello que potencialmente haya de ocasionar daños de muy poca consideración.

Accidentes de trabajo y otras agresiones a la salud y bienestar

Para diferenciar los accidentes de trabajo de las otras agresiones a la salud y bienestar como consecuencia de su trabajo, nos fijaremos en el agente agresivo y en la velocidad de producción del daño.

Agresiones que no generan lesiones físicas o psíquicas demostrables

Se tienen agresiones que causan malestar, insatisfacción, u otros daños inespecíficos, y que, aún prolongándose en el tiempo, no generan lesiones físicas o psíquicas claramente demostrables.

Agresiones que generan a largo plazo enfermedades diagnosticables

Estas son las que llamamos enfermedades profesionales.

Ejemplos: la inhalación repetida de polvo de sílice (silicosis), o la exposición a plomo durante cierto tiempo (saturnismo), o la exposición prolongada a niveles de ruido elevados (sordera profesional), etc.

Agresiones que producen a corto plazo lesiones identificables de carácter leve, grave o mortal

Hay agresiones que actuando sólo una vez, o en un plazo de tiempo muy corto producen lesiones identificables de carácter leve, grave o mortal: este tipo de agresiones son los accidentes de trabajo.

La limitación del periodo de latencia en la conjunción de los diferentes factores de riesgo es lo que caracteriza a los accidentes de trabajo. También puede suceder que el daño o la lesión última no se produzca en el mismo instante de producirse el accidente, pero en todo caso el tiempo transcurrido es siempre corto.

LOS ACCIDENTES DE TRABAJO SE CARACTERIZAN POR:

- ❑ LA "AGRESIVIDAD" DEL AGENTE MATERIAL
- ❑ EL LIMITADO PERIODO DE LATENCIA

Es interesante diferenciar los accidentes de trabajo de los otros tipos de lesiones porque la forma de evitarlas y en particular las estrategias preventivas de actuación pueden ser peculiares para cada una de ellas.

Los daños personales derivados de los accidentes de trabajo, que se denominan lesiones, pueden manifestarse de diferentes formas y tener diferente gravedad. Constituyen la patología específica aguda o sobreaguda del trabajo. Tales lesiones pueden diferenciarse en:

Psíquicas

Las lesiones psíquicas pueden ser muy variadas en función de las circunstancias del accidente y de la personalidad de las víctimas.

Sensorialmente dolorosas

Las lesiones sensitivo-dolorosas suelen ir siempre acompañadas de una vivencia emocional desagradable.

Funcionales o estructurales

Las lesiones funcionales constituyen trastornos en las funciones fisiológicas por el impacto energético derivado del accidente y suelen ir asociadas a lesiones estructurales, por alteraciones anatómicas ante la limitada resistencia del cuerpo humano, que se manifiestan a través de fracturas, amputaciones, heridas y contusiones, entre otras.

Muerte

La muerte es el último desenlace de una lesión funcional o estructural al afectar a órganos y funciones vitales críticas.

En todo caso, sea como fuere y al margen de la lesión o daño físico casi siempre ocasionará pérdidas.

Las pérdidas serán mayores, cuanto mayor sea la gravedad de las lesiones físicas, la importancia de los daños materiales o en último término la repercusión en el proceso productivo o servicio prestado.

Independientemente de las lesiones físicas, los daños que pueden generar los accidentes de trabajo, pueden clasificarse esquemáticamente en :

Pérdidas temporales

Representan los tiempos previstos para el desarrollo de un trabajo. Por ejemplo retrasos por alargamientos imprevistos de los tiempos programados y los paros indeseados.

Pérdidas energéticas

Representan aquellos escapes libres energéticos, incontrolados y también inútiles para el trabajo, por ejemplo una fuga de vapor, o la rotura y proyección del disco de una muela esmeril.

Daños materiales propiamente dichos

Los daños materiales propiamente dichos, representan los deterioros de materiales, productos, instalaciones o equipos, al sufrir un impacto energético sobre los mismos

Importancia de los accidentes de trabajo

Para tener una idea de la importancia de los siniestros laborales habrá que conocer su número y gravedad, y para ello hay que recurrir a las estadísticas.

Las agresiones que causan malestar e insatisfacción en el trabajo, pero que no producen lesiones a la salud diagnosticables médicamente, son muy difíciles de contabilizar y no existen estadísticas sobre ellas.

Las lesiones que hemos llamado "enfermedades profesionales", sí que están contabilizadas estadísticamente:

ACCIDENTES			
Con baja		599.667	
Leves	587.747		
Graves	10.855		
Mortales	1.065		
Sin baja		506.992	
En jornada de trabajo			1.106.659
In itinere			40.147
TOTAL			**1.146.806**

Tabla 14-1: SINIESTRALIDAD LABORAL EN ESPAÑA
(VALORES PROMEDIO ANUAL PERÍODO 1992-1996)

ENFERMEDADES PROFESIONALES		
Con baja		5.778
Leves	5.534	
Graves	242	
Mortales	2	
Sin baja		618
In itinere		40.147
TOTAL		**6.396**

Tabla 14-2: SINIESTRALIDAD LABORAL EN ESPAÑA
(VALORES PROMEDIO ANUAL PERIODO 1992-1996)

Estudios históricos, como el realizado por Bird en EE.UU. , establecía, siempre con un valor orientativo, que la relación de proporcionalidad entre accidentes de trabajo con baja, accidentes de trabajo con lesión, accidentes sólo con pérdidas materiales y accidentes blancos (sin lesión, ni pérdidas) era de 1:10:30:600.

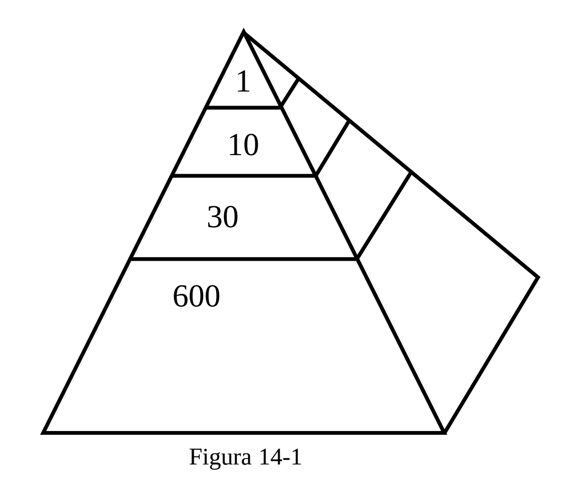


Figura 14-1

POR CADA ACCIDENTE DE TRABAJO CON BAJA SE GENERA UN CUANTIOSO NÚMERO DE INCIDENTES CON DAÑOS.

Aunque esta relación sea diferente según sea el autor que la proponga, se evidencia la importancia del cuantioso número de incidentes que acontecen en las empresas con limitada cultura preventiva. Es sólo ignorancia lo que propicia la desacertada opinión de que en una empresa determinada "nunca pasa nada", que no favorece a la prevención de riesgos laborales, y que tampoco facilita el desarrollo de una cultura de trabajo bien hecho.

Dado que en realidad el accidente de trabajo es el resultado, en términos probabilísticos, de una situación de riesgo, cabe afirmar, que actuando de forma clara y contundente para minimizar el número de incidentes se evitarán los accidentes con lesión, y con incapacidad laboral.

No es utópico que cada vez más empresas se planteen como objetivos alcanzables el tener cero accidentes. Evidentemente se trata de evitar totalmente los accidentes de cierta importancia, lo que no es difícil si se actúa correctamente.

FASES DEL ACCIDENTE

Origen de los accidentes de trabajo

Buscar el origen de los accidentes laborales conlleva el estudio de las causas y factores que pueden ocasionarlos.

Será importante tener en cuenta el sector productivo al que pertenecen y el buscar un sistema de prevención.

Causas del elevado número de accidentes

Habrá que preguntarse por qué se produce este elevado número de accidentes de trabajo y, si se conoce la importancia que tienen, también cuál es la causa de que no se ponga remedio eficaz a los mismos.

Los motivos son diversos pero pueden destacarse los siguientes:

- Ya se ha advertido que las causas de los accidentes normalmente no producen molestias (un hueco sin cubrir, un cable eléctrico sin proteger, una alarma de seguridad anulada, etc.), por lo que no se tiene prisa en solucionarlas pues no entorpecen el desarrollo del trabajo. Por otro lado los accidentes pueden ocurrir o no ocurrir aunque existan las causas.

- A diferencia de las enfermedades profesionales o el malestar por el trabajo, que resultan de una agresión continuada que se puede detectar y corregir con el tiempo, el accidente es repentino y en muchos casos inesperado. Invertir dinero y esfuerzo en algo que puede o no ocurrir, es causa de que en muchas ocasiones se tiente a la suerte, por considerar que no va a pasar nada.

- En otras ocasiones se desconoce la existencia de un peligro por quienes están expuestos al mismo.

- Otra causa principal es la limitada conciencia social y empresarial de las pérdidas humanas y económicas que supone la ocurrencia de un accidente.

Diversidad de los factores causales de los accidentes

Los factores causales de los accidentes son muy diversos:

- Condiciones materiales y medio ambiente de trabajo, unos con una relación directa con el accidente y otros con una implicación más difusa.

- Deficiencias en la organización

Fallos de gestión

En su origen los accidentes de trabajo son debidos a fallos de gestión, por no haber sido capaces de eliminar el riesgo o en su defecto de adoptar las suficientes medidas de

control. Lamentablemente para tomar conciencia de ello se requiere profundizar en el análisis causal, además de tener sensibilidad preventiva...

❑ Comportamiento humano.

Errores humanos

Se llega a asumir con demasiada ligereza que los accidentes se deben a actuaciones peligrosas de los propios trabajadores, sin tener en cuenta que en el origen de tales actuaciones puede haber: insuficiente formación en el puesto de trabajo, ausencia de método o procedimiento de trabajo, o incorrecta planificación y organización del trabajo.

En el fondo casi siempre se puede encontrar a alguien que no diseñó acertadamente una máquina o un puesto de trabajo, o que no tuvo en cuenta las necesidades formativas en el mismo, o que no planificó adecuadamente el trabajo a realizar.

Desde el punto de vista preventivo no tiene demasiado interés averiguar quienes son los responsables de los errores. Lo importante es detectar que se han producido tales errores y saber cómo se ha de actuar para evitarlos.

Actuar sólo de forma parcial sobre algunas de las causas que generan determinados accidentes y no hacerlo sobre las más importantes y sobre todo, sobre aquellas que son determinantes en su materialización no resuelve de forma efectiva el problema, llegándose a la paradoja de que la inversión realizada se transforma en gasto.

Factor técnico - Factor humano

Históricamente se ha producido una dicotomía entre el factor técnico y el factor humano del accidente de trabajo, diferenciando así dos grandes grupos de causas originarias. Si bien es cierto que las causas más inmediatas en la secuencia final del accidente suelen tener componentes de inseguridad material y de comportamiento humano incorrecto, quedarse a ese nivel puede producir graves equívocos.

ANÁLISIS DE PELIGROS

Los accidentes en los distintos sectores productivos

Si se analiza el cuadro relativo a los porcentajes de los diferentes tipos de accidentes de trabajo en España, distribuidos por sectores, se desprenden una serie de reflexiones. para definir prioridades.

	AGRICULTURA	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS	TOTAL
Superficies de tránsito o de trabajo	12.46	6.52	9.23	9.33	8.35
Herramientas manuales	7.90	7.71	7.52	7.86	7.62
Transportes rodantes (excepto remolques y tractores)	3.51	4.99	4.32	12.97	7.64
Productos metálicos	3.38	1.03	12.57	2.98	4.27
Productos empaquetados	11.75	6.83	5.01	4.75	5.85

Tabla 14-3: PORCENTAJE DE LOS PRINCIPALES AGENTES MATERIALES DE ACCIDENTES DE TRABAJO EN LOS DIFERENTES SECTORES PRODUCTIVOS EN ESPAÑA

ACCIDENTES	AGRICULTURA	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS	TOTAL
MORTALES					
Atropellos o golpes con vehículos	10.52	15.26	14.28	35.36	22.08
Caídas a distinto nivel	18.42	18.03	33.20	5.08	14.65
Caídas de objetos desprendidos	0	0.80	3.08	1.06	1.40
Atrapamientos por o entre objetos	7.01	8.83	3.08	1.60	3.41
Exposición a Contactos eléctricos	1.75	6.42	7.33	0.80	4.01
GRAVES					
Atrapamiento por o entre objetos	12.27	31.91	7.51	7.07	14.67
Golpes por objetos o herramientas	14.81	11.55	8.96	7.33	9.69
Choques contra objetos móviles	2.45	2.32	1.69	3.14	2.51
Caídas a distinto nivel	23.11	13.58	42.79	18.50	23.08
Caídas al mismo nivel	9.82	5.11	5.94	12.65	8.73
TOTAL CON BAJA					
Atropellos o golpes con vehículos	20.64	21.15	19.97	16.38	19.11
Sobreesfuerzos	19.0	21.46	19.86	21.79	21.09
Caídas al mismo nivel	14.14	6.74	9.03	12.82	9.94
Proyección de fragmentos o partículas	3.85	8.67	7.94	3.83	6.42
Caídas a distinto nivel	11.97	5.52	11.34	10.44	8.96

Tabla 14-4: PORCENTAJE DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE ACCIDENTES DE TRABAJO EN LOS DIFERENTES SECTORES PRODUCTIVOS (EXCLUIDOS LOS IN ITINERE) EN ESPAÑA

	AGRICULTURA	INDUSTRIA	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS	TOTAL
Índice de gravedad (I_G) (Jornadas perdidas por cada 1000 horas/hombre trabajadas	0.4	1.30	2.06	0.56	0.82
Índice de duración media (I_{DM}) (Días promedio de baja por accidente)	29.4	22.7	24.0	24.6	24.1

Tabla 14-5: ÍNDICES ESTADÍSTICOS DE GRAVEDAD Y DURACIÓN MEDIA POR SECTORES PRODUCTIVOS EN ESPAÑA

TÉCNICAS DE SEGURIDAD

Pueden definirse como el conjunto de actuaciones sistemas y métodos, dirigidas a la detección y corrección de los distintos factores de riesgo que intervienen en los accidentes de trabajo y al control de sus posibles consecuencias.

Están dirigidas en último término a actuar sobre los dos elementos necesarios para que ocurra el accidente: la conjunción de fallos materiales, de gestión y errores humanos. Todo ello mediante adecuados procedimientos de gestión.

Clasificación según el ámbito de aplicación

Atendiendo al ámbito de aplicación, las técnicas de seguridad, es decir el conjunto de técnicas de Prevención y Protección pueden clasificarse en:

Generales o inespecíficas
Estas técnicas son aplicables a cualquier tipo de actividad o riesgo profesional.

Específicas sectoriales concretas
La aplicación de este tipo de técnicas se limita a riesgos concretos eléctricos, químicos, mecánicos, de incendio, etc. o a ciertas actividades, por ejemplo, industrias, minería, construcción.

Clasificación en función del sistema de actuación

En función de su sistema de actuación se clasifican en Analíticas y Operativas:

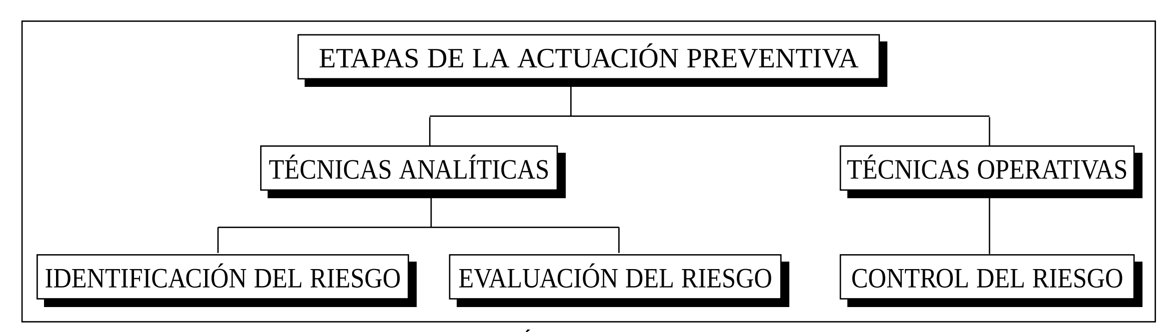


Figura 14-2: TÉCNICAS DE SEGURIDAD

Técnicas analíticas de seguridad

Las técnicas analíticas tienen por objeto la detección de los factores de riesgo, la evaluación de los riesgos propiamente dichos y la investigación de las causas que han provocado accidentes para extraer experiencias.

Previas al accidente	Posteriores al accidente
– Estudio y análisis documental de riesgos – Análisis histórico de accidentes – Control estadístico de la accidentabilidad – Verificación del cumplimiento de las reglamentaciones – Evaluaciones de riesgos – Revisiones e inspecciones de seguridad – Observaciones del trabajo – Control global de la calidad del proceso productivo y de los productos	– Notificación de accidentes – Registro de accidentes – Investigación de accidentes e incidentes – Análisis estadístico de la siniestralidad

Tabla 14-6: TÉCNICAS ANALÍTICAS DE SEGURIDAD

Técnicas operativas de seguridad

Las técnicas operativas pretenden disminuir las causas que originan los riesgos, tanto dirigiendo su acción hacia los aspectos técnicos y organizativos del trabajo como hacia el propio trabajador.

- *Prevención*
  Elimina o disminuye el riesgo en su origen.
  Es siempre prioritaria.
  Minimiza la probabilidad de materialización del acontecimiento indeseado. Por ejemplo utilizando una energía o un producto menos peligroso o diseñando un sistema de seguridad intrínsecamente seguro, de forma que elimine el riesgo o evite la exposición al mismo.

- *Protección*
  Minimiza las consecuencias del accidente.
  Es complementaria a la prevención. Por ejemplo, instalando resguardos en máquinas o utilizando equipos de protección individual.

- *Normalización*
  Regula el comportamiento humano seguro.
  Complementa las medidas de prevención y protección. Lo forman los Manuales de Prevención, procediemiento de trabajo, normas de materiales, etc…

- *Señalización*
  Indica, advierte, prohibe, orienta, sobre determinados factores de riesgo.
  Es del todo complementaria a las anteriores.
  Las informaciones destacables al ser percibidas por cualquiera de nuestros sentidos contribuirán a que las personas actúen correctamente sin dudar.

- *Formación e información*
  Siempre imprescindible para asegurar la eficacia de las otras técnicas y sobre todo para que las personas actúen de forma segura.
  Todo el personal con mando, desde los directivos a los mandos intermedios debieran impartir acciones formativas en el seno de la empresa para que sus colaboradores hagan bien y de forma segura su trabajo. También todos los miembros de la empresa debieran estar inmersos en un plan de formación continuada, básico para mantener actualizados los conocimientos y destrezas en el trabajo y favorecer el crecimiento intelectual que las personas y las organizaciones necesitan.

Cabe reseñar que el grado de efectividad de las medidas operativas es variable de tal forma, que se puede afirmar que la Prevención siempre resulta más efectiva que la Protección, como también son más efectivas todas las medidas que se hayan aplicado en la fase de concepción y diseño, frente a las medidas de corrección de situaciones deficientes, ya que además en estas últimas el coste económico de las correcciones suele ser mayor.

LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN SON SIEMPRE MÁS EFECTIVAS QUE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

Son ejemplos de técnicas operativas:

- *Materiales*
  1. Selección de materiales o energías
  2. Proyecto y diseño de instalaciones y equipos
  3. Diseño de sistemas de seguridad
  4. Selección y empleo de las herramientas
- *Sobre el entorno ambiental*
  1. Diseño del lugar de trabajo
  2. Orden y limpieza
  3. Iluminación
- *Humanas y organizativas*
  1. Selección de personal en función del contenido y tareas del trabajo a realizar
  2. Información de los riesgos
  3. Formación y adiestramiento en las tareas
  4. Diseño de métodos de trabajo
  5. Implantación de normas
  6. Señalización de riesgos
  7. Mantenimiento preventivo
  8. Empleo de equipos de protección personal
  9. Vigilancia de la salud de los trabajadores

NOTIFICACIÓN Y REGISTRO DE ACCIDENTES

Notificación

En los accidentes ocurridos en los centros de trabajo en la jornada laboral o en desplazamientos dentro de la jornada de trabajo (es decir, excluyendo los "in itinere") y que vayan a producir baja, el empresario debe cumplimentar el Parte de accidente lo antes posible.

Si el accidente:

- Es calificado como grave, o muy grave por el facultativo que atiende al accidentado.
- Provoca la muerte del trabajador.
- Afecta a más de 4 trabajadores.

El empresario, además, debe notificar la ocurrencia del mismo a la Autoridad Laboral de la provincia donde haya ocurrido el accidente, o en el primer puerto o aeropuerto donde arribe la nave si se ha producido en un buque o un avión. El plazo máximo es de 24 horas.

En cualquier caso, la notificación debe realizarse a la Mutua, o a la Seguridad Social en su caso, antes de tres días.

Parte de accidente de trabajo

Es obligatorio por Orden del M.º de Trabajo y Seguridad Social de 16 de diciembre de 1987 notificar de todos los accidentes o recaídas de accidentes que conlleven la

ausencia del accidentado del lugar de trabajo, al menos un día -salvedad hecha del día en que ocurrió el accidente-, previa baja médica. Esta notificación debe hacerse en el primer documento oficial llamado "Parte de accidente de trabajo" en el que se indican una serie de datos relativos al trabajador, a la empresa, al accidente, datos asistenciales y datos económicos.

Dicho documento ha de ser cumplimentado por la persona o unidad administrativa que la dirección de la empresa designe, extrayendo la información de la propia unidad en la que se ha generado el accidente y de quién haya prestado la atención sanitaria (datos procedentes del Parte Médico de Baja).

Es importante que quien cumplimente este documento se preocupe de saber lo que ha ocurrido para poder describirlo de forma codificada, simplificada y completa tal como está establecido.

Los destinatarios de este documento son:

- ❑ Entidad gestora o colaboradora (Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social): Original.
- ❑ Dirección General de Informática y Estadística del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social: 1.ª copia.
- ❑ Autoridad laboral: 2.ª copia.
- ❑ Empresario: 3.ª copia.
- ❑ Trabajador: 4.ª copia.

En caso de que fuesen accidentes sin baja, debe entregarse la relación de todos los producidos en el centro de trabajo antes del día 5 del mes siguiente a la Mutua que corresponda.

Registro

Si bien legalmente a la empresa le basta con tener registrados los partes de accidente, es importante poder sacar de ellos la información necesaria para adoptar medidas acertadas que permitan prevenir la repetición de los mismos.

Centro de trabajo							Ficha de accidentes																								Sección					
							Empresa																								Plantilla			Hoja núm.		
		Baja						Lesión							Clases de accidentes: 1		2		3		4		5					6								
Fecha del accidente	Núm. nootificación	Sí	No	Fecha alta	Duración baja	Agente material	Grado de la tensión	Cabeza	Ojos	Tronco	Miembro superior	Mano	Miembro inferior	Pie	Mismo nivel	Distinto nivel	Manut. man.	Por despome	Móviles	Inmóviles	Por objetos o herramientas	Fragmentos y partículas	Móviles o herramientas	Inmóviles	Pisadas sobre objetos punzantes	Atrapamientos	Contacto corientes eléctrica	Candentes o frías	Caústicos co-rrosivas y toxic.	Explosión o incendio	Gases vapores aerosoles	Polvos partí-culas humos	Sobreesfuerzos	In itinere	Otros	Notas
						Totales																														

Figura 14-3: MODELO DE REGISTRO DE ACCIDENTES, SEGÚN LA CLASE

1: Caída personas **2**: Caída objetos **3**: Choque objeto **4**: Golpes o proyecto **5**: Cortes objeto **6**: Contacto sustancia

En la hoja precedente (figura 14-3), sólo se registran los accidentes, haciendo referencia a la clase de los mismos. El modelo siguiente (figura 14-4) invita además a buscar las causas y a citarlas, tanto las inmediatas como las básicas.

Cuando se observan repeticiones en algunos de los apartados pueden empezar a sacarse valiosas conclusiones.

Mientras la administración, según su definición de accidente, solo recoge aquellos en los que ha habido lesión, internamente deberían recogerse hasta los incidentes.

Será importante que la empresa disponga de canales adecuados y sencillos para que se puedan notificar dichos incidentes, sin que ello signifique una reprobación automática de aquel que los sufre o los denuncia, o se sature a las personas encargadas de dicho registro.

EMPRESA				CENTRO DE TRABAJO					Período	
			LESIÓN			**ACCIDENTE**		**CAUSAS**		
Fecha	Nombre del accidentado	Sección o Dpto.	Gravedad	Naturaleza	Ubicación	Agente material	Tipo o forma	Inme-diatas	Básicas	Observa-ciones

Figura 14-4: MODELO DE REGISTRO DE ACCIDENTES, SEGÚN CAUSA

ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA EMPRESA

Gestión de prevención de riesgos

La entrada en vigor de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y reglamentos que la desarrollan ha supuesto una modificación importante de la concepción de la Prevención en España. A partir de este momento, la Prevención se integra en los sistemas de gestión empresarial lo que queda constatado en el artículo 1 del Reglamento de los Servicios de Prevención, Real Decreto 39/1997, al indicar "... La prevención de riesgos laborales, como actuación a desarrollar en el seno de la empresa, deberá integrarse en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma ..."

La nueva óptica de la prevención se articula en torno a la planificación de la misma a partir de la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y la consiguiente adopción de las medidas adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados. La evaluación de los riesgos es el punto de partida para conducir a la actividad preventiva necesaria a través de alguna de las modalidades de organización establecidas, siguiendo

el artículo 31 de la Ley de Prevención, en función del tamaño de la empresa y de los riesgos o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas en la misma.

Según lo establecido en los artículos 14 y 15 de la Ley de Prevención, el empresario tiene el deber de desarrollar una política eficaz de prevención en la empresa, que se debe concretarse en un sistema de prevención. Los elementos básicos del cualquier sistema preventivo son:

- Identificación de los riesgos laborales de los puestos de trabajo
- Evaluación de los riesgos
- Adopción de las medidas correctoras
- Implantación de dichas medidas
- Vigilancia y control del cumplimiento del sistema preventivo

La empresa, como sistema de organización de la misma, puede implantar un sistema de gestión de la prevención que incluya los elementos anteriores. Este sistema de gestión suele estructurarse en cuatro etapas:

- *Planificación*

  Se definirían los objetivos de prevención, los responsables de cumplirlos y los recursos para poder conseguirlos

- *Organización*

  Debería definirse la modalidad adoptada por la empresa para desarrollar la acción preventiva, asignarse las funciones de las diferentes áreas de la empresa y elaborar procedimientos de trabajo. En esta etapa, debería elaborarse un Manual de Prevención y establecerse los mecanismos necesarios para gestionar la documentación en materia de prevención

- *Ejecución*

  Esta es la fase de puesta en marcha de las dos anteriores etapas

- *Control*

  Debería comprobarse que el sistema de gestión es eficaz mediante controles, inspecciones y auditorias.

Organización de la prevención

Para desarrollar las actividades preventivas emanadas de la Ley de Prevención y sus reglamentos, el empresario debe elegir alguno de los sistemas organizativos preventivos propuestos:

- *Asumir personalmente la actividad preventiva*

  Este modelo organizativo puede elegirse cuando la empresa tenga menos de 6 trabajadores y las actividades de la empresa no sean alguna de las incluidas en el Anexo I del Reglamento de los Servicios de Prevención. Además para elegir esta modalidad, el empresario debe desarrollar habitualmente la actividad en la empresa y tener capacidad suficiente en las funciones preventivas que va a desarrollar.

ANEXO I del Reglamento de los Servicios de Prevención

a) Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes
b) Trabajos con exposición a agentes tóxicos y muy tóxicos y en especial a agentes cancerígenos y mutágenos
c) Actividades en que intervienen productos químicos de alto riesgo (Real Decreto 886/1988)
d) Trabajos con exposición a agentes biológicos de los grupos 3 y 4 de la Directiva 90/CEE/679
e) Actividades de fabricación, manipulación y utilización de explosivos
f) Trabajos propios de minería a cielo abierto y de interior y sondeos en superficie y en plataformas marinas
g) Actividades en obras de construcción, excavación, movimientos de tierras y túneles, con riesgo de caída de altura o sepultamiento
h) Actividades de la industria siderometalúrgica y en la construcción naval
i) Producción de gases comprimidos, licuados o disueltos o utilización significativa de los mismos
j) Trabajos que produzcan concentraciones elevadas de polvo silicio
k) Trabajos con riesgos eléctricos en alta tensión

- *Designación de trabajadores*

  El empresario puede designar a alguno de sus trabajadores para desarrollar la actividad preventiva. Los trabajadores designados deben tener la capacidad suficiente y disponer del tiempo necesario para desarrollar las actividades preventivas encomendadas

- *Servicio de Prevención PROPIO (de la empresa)*

  El empresario está obligado a constituir un servicio de prevención propio cuando su empresa cuente con mas de 500 trabajadores o más de 250 si las actividades de la empresa están incluidas en el citado Anexo I.

El Servicio de Prevención propio debe constituir una unidad organizativa especifica y estar integrado por personas propias, que dediquen de forma exclusiva su actividad a las tareas preventivas. Además, el Servicio de Prevención propio debe disponer al menos de dos de las especialidades preventivas existentes.

Aún teniendo Servicio de Prevención propio las empresas pueden concertar un Servicio de Prevención Ajeno en aquellas especialidades que no puedan cubrir.

- **Servicio de Prevención AJENO (concertado con una entidad acreditada)**

  El empresario podrá recurrir a esta modalidad organizativa cuando:

  - La designación de uno o más trabajadores sea insuficiente para el desarrollo de las actividades preventivas

  - No se haya constituido un servicio de prevención propio

  - Se haya asumido parcialmente la actividad preventiva y para el resto de actividades se desee concertarlo con una entidad acreditada

Según establece la legislación vigente los Servicios de Prevención Ajenos deben estar acreditados por la Autoridad laboral.

Identificación y evaluación de riesgos. Medidas preventivas

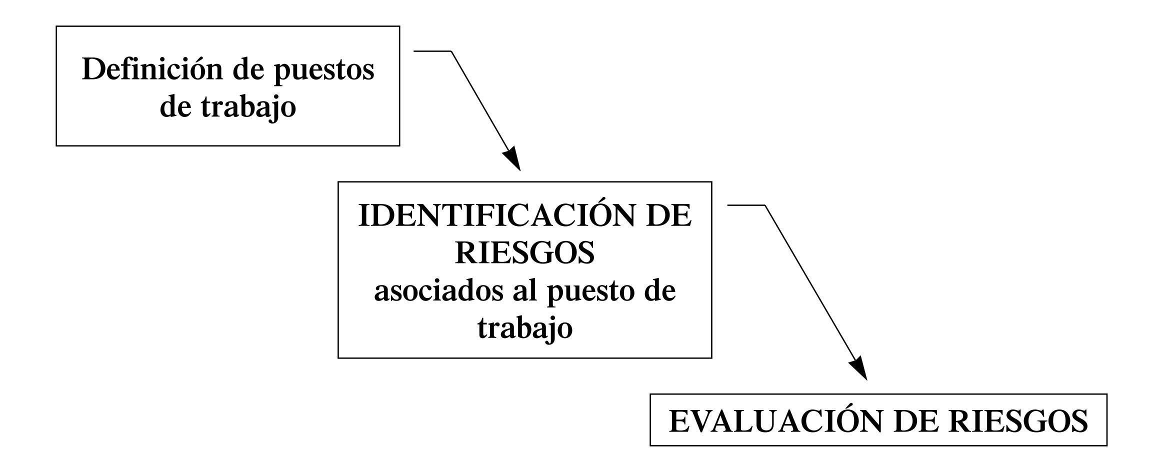
La Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece, claramente, que la acción preventiva en la empresa debe ser planificada por parte del empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores. A partir de ese momento, la evaluación de los riesgos se convierte en un instrumento de fundamental importancia con el que van a poder contar los empresarios, para poder cumplir el objetivo fundamental que persigue la Ley de Prevención de Riesgos Laborales que, en resumidas cuentas, no es otro que eliminar, reducir o controlar los riesgos para la seguridad y salud de sus trabajadores.

Como consecuencia de ello se debe considerar a la evaluación de los riesgos no como un fin en sí mismo o como una mera imposición burocrática, sino como un medio o una herramienta, que va a permitir a la empresa tomar una decisión apropiada sobre la necesidad o no de tomar medidas preventivas.

La identificación de riesgos de los puestos de trabajo, que por sí misma proporciona una importante información para determinar las actuaciones preventivas a seguir dentro de la empresa, constituye una tarea previa a la evaluación.

El riesgo existente en cualquier actividad laboral es consecuencia de la propia actividad o tarea que desarrolla el trabajador, de las características de la instalación y ambiente o entorno de trabajo donde se desarrolla la actividad, de las características personales del trabajador y de cómo está organizado el trabajo. Por ello puede decirse que el riesgo es función de cuatro grupos de factores causales: agentes materiales, entorno ambiental, características personales y organización del trabajo.

UMI ha desarrollado un método propio de evaluación de riesgos laborales, denominado "UMI9000" cuya metodología obedece al siguiente esquema:



El resultado de la evaluación de riesgos realizada se expresa valorando el riesgo en los cinco niveles establecidos por el INSHT:

Riesgo MUY LEVE: Nivel de riesgo para el que no se requiere acción especifica.

Riesgo LEVE: No se necesita mejorar la acción preventiva. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control

Riesgo Moderado: Nivel de riesgo que indica la necesidad de hacer esfuerzos para reducir el riesgo. Las medidas de control para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado.

Riesgo GRAVE: Nivel de riesgo que exige no comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo detectado. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.

Riesgo MUY GRAVE: Nivel de riesgo que exige no comenzar ni continuar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo detectado. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

La evaluación de riesgos deberá realizarse mediante la intervención de personal competente según lo establecido en el articulo 4 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Una vez realizada la evaluación de riesgos, deben adoptarse las medidas necesarias para reducir el nivel de riesgo detectado. Debe elegirse la medida que solucione el problema planteado: sustituir un equipo por otro, mejorar el método de trabajo, señalización, formación, etc. Es de mucha ayuda para adoptar medidas de prevención eficaces apoyarse en las normas legales y técnicas existentes en la materia.

Elegidas las medidas preventivas adecuadas, es recomendable establecer un procedimiento especifico o plan de trabajo para llevarlas a la práctica. A tal efecto es aconsejable seguir la siguiente secuencia de acciones:

- Definir y asignar responsabilidades y funciones
- Establecimiento de criterios para aplicar las medidas preventivas
- Asignación de medios y recursos.
- Control y seguimiento de las actuaciones.

Planificación de la actividad preventiva

Después de la evaluación de riegos deberá establecerse un programa de actividades preventivas a desarrollar, estableciendo prioridades en dichas acciones atendiendo a la intervención inmediata para los riesgos graves o que se puedan prevenir fácilmente.

Las etapas que se siguen en la planificación de las actividades preventivas, pueden estructurarse de forma general, según el siguiente esquema:

a) Declaración de principios

Cualquier actividad preventiva estará determinada en gran medida por las actitudes que presenten los diferentes estamentos de la empresa. Por ello es importante que

la Dirección sea la primera en mostrar su interés en que la Prevención de riesgos se integre en todos los procesos de la misma, estableciendo una política de prevención, asignando las responsabilidades correspondientes.

b) Análisis de la situación inicial

El paso siguiente es conocer la situación de partida, la realidad de la empresa en ese momento en materia de prevención, lo que sin duda se puede deducir de la evaluación inicial de riesgos llevada a acabo.

c) Establecimiento de objetivos

Los objetivos en materia de prevención no difieren de cualquier otro que se defina en la empresa. Estos objetivos deberán establecerse a corto-medio plazo, que sean medibles y concretos, consensuados entre las diferentes partes integrantes de la empresa y teniendo en cuenta las necesidades y medios técnicos y humanos disponibles para alcanzarlos.

d) Plan de actuación

Es el momento de ponerse en marcha estableciendo el plan de actuación a seguir. Para ello podrán establecerse programas concretos tales como el mantenimiento preventivo, la investigación de accidentes, la formación e información de los trabajadores, la implantación de métodos de trabajo, etc.

e) Seguimiento y control de resultados

Ninguna planificación, sea del tipo que sea, tendría valor si no se llevara un seguimiento y control de dicha planificación, a fin de conocer el grado de cumplimiento de la misma.

Información y formación de los trabajadores en prevención de riesgos

La Ley de Prevención establece que el empresario debe adoptar medidas adecuadas para que los trabajadores reciban la información necesaria en materia de:

- los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo que afecten a la empresa en su conjunto y a cada tipo de puesto de trabajo
- las medidas de protección y prevención aplicables
- el plan de medidas de emergencia

Directamente relacionado con el derecho de información, el articulo 19 de la Ley establece la necesidad de la formación de los trabajadores, en los siguientes términos:

- formación teórico-práctica adecuada y suficiente
- debe darse tanto en el momento del inicio de la relación laboral como cuando se produzcan variaciones en las funciones, pudiéndo ser periódica si fuera necesario
- concreta del puesto de trabajo
- el tiempo invertido en la formación será por cuenta del empresario
- se impartirá en la propia empresa o contando con servicios ajenos

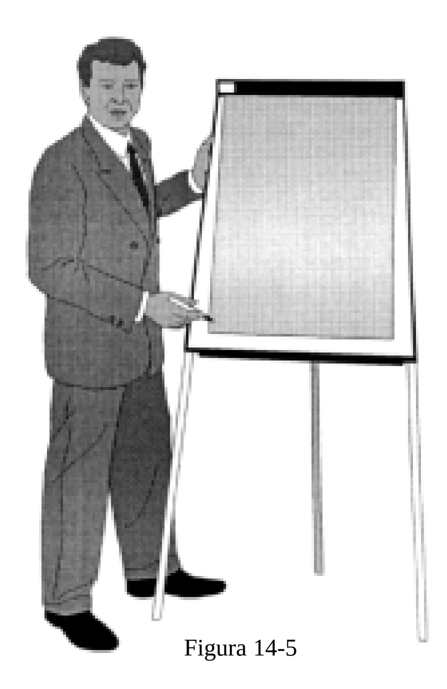


Figura 14-5

La formación en Prevención de riesgos ayuda a que los trabajadores adquieran destrezas, hábitos y actitudes positivas, así como a corregir actitudes negativas, con lo que en definitiva se consigue la implantación de una cultura prevencionista en la empresa que posibilita la mejora de la calidad del trabajo.

Con respecto a la formación de las personas que se encargan de la Prevención, la Ley exige obligatoriamente poseer una formación adecuada según las funciones preventivas a desarrollar en la empresa. La acreditación de esta capacidad se consigue mediante el desarrollo de unos cursos formativos en tres niveles de funciones, que están recogidos en los Anexos III, IV y V del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Según las funciones preventivas a desarrollar, se establecen tres niveles de formación: nivel básico, intermedio y superior.

- Formación mínima necesaria para desempeñar las funciones de nivel básico: 30 horas o 50 horas si la actividad de la empresa está incluida en el Anexo I del Reglamento.
- Formación mínima necesaria para desempeñar las funciones de nivel intermedio: 300 horas.
- Formación mínima necesaria para desempeñar las funciones de nivel superior: 600 horas y titulación universitaria.

Registro y documentación de las actividades preventivas

Una de las obligaciones que establece la Ley de Prevención es la de documentar las actividades preventivas que se realicen en la empresa quedando a disposición de la Autoridad laboral, en cualquier momento que ésta lo solicite. La documentación que debe mantenerse es la siguiente:

- Evaluación de riesgos y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y de prevención a adoptar y material que, en su caso, deba utilizarse.

- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores, que deba realizarse como consecuencia de las evaluaciones efectuadas.
- Controles de salud efectuados.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Toda esta documentación debe ser convenientemente conservada debiendo quedar a disposición de la Autoridad laboral, Autoridades Sanitarias y Delegados de Prevención (éstos con las restricciones impuestas por la ley).

Además de esta documentación, es recomendable conservar aquella otra relacionada con la Prevención de riesgos que se utilice de forma habitual dentro de la empresa, tal como procedimientos de trabajo seguros, fichas de materiales de seguridad, catalogo de EPI´s, etc.

La duración en el tiempo de los archivos viene definida, en particular, según las siguientes leyes:

- Orden Ministerial 31-10-84 relativa a trabajos con amianto
- Orden Ministerial 09-04-86 relativa al Cloruro de vinilo
- Orden Ministerial 09-04-86 relativa al plomo
- Real Decreto 1316/1989 relativa al ruido
- Real Decreto 53/1992 sobre radiaciones ionizantes

Participación de los trabajadores

La participación de los trabajadores en las acciones preventivas que se lleven a cabo en el seno de la empresa se canaliza, habitualmente, a través de los delegados de prevención o del comité de Seguridad y Salud

Como se ha indicado, esta participación de los trabajadores está regulada en la Ley de Prevención de Riesgos en sus artículos 35 y 36. Los delegados de prevención tienen las siguientes competencias y funciones:

- Colaborar con la dirección de la empresa en la mejora de las condiciones de trabajo.
- Promover y fomentar la cooperación de los trabajadores en esta materia.
- Ser consultados por el empresario, entre otros aspectos, sobre planificación, organización, desarrollo de actividades preventivas y designación de trabajadores para las medidas de emergencia.
- Ejercer una labor de vigilancia y control de la reglamentación en materia de Seguridad y Salud.
- Acompañar a los técnicos en la evaluación de riesgos.
- Tener acceso a la información en materia de Seguridad y Salud, exceptuando los datos médicos y cualquier otra información de carácter personal y confidencial.
- Recibir información sobre actividades preventivas.
- Realizar visitas a los centros de trabajo para conocer las condiciones de trabajo.

Existe obligación legal de constituir un Comité de Seguridad y Salud en aquellas empresas o centros de trabajo con más de 50 trabajadores. Toda las consultas y la participación de los trabajadores puede canalizarse también a través de esta vía.

Son competencias de este Comité de Seguridad y Salud, entre otras, las siguientes:

- Participar en la elaboración y puesta en marcha de los planes y programas de prevención.
- Conocer la situación de la empresa en materia de prevención, así como la información generada en esta materia.
- Conocer y analizar los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- Conocer e informar la memoria y programación anual del Servicio de Prevención.

CAPÍTULO 15: PROTECCIÓN FRENTE AL RIESGO

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Se entiende por Equipo de Protección Individual (EPI´s), según el Real Decreto 773/ 1997, de 30 de mayo, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Se excluyen de la definición anterior:

- ropa de trabajo y uniformes que no están destinados a proteger la salud del trabajador
- equipos de los servicios de socorro y salvamento
- equipos de protección individual de militares, policía y personas de servicios de mantenimiento del orden
- equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera
- material de deporte
- material de autodefensa o disuasión
- aparatos portátiles para la detección y señalización de riesgos y de los factores de molestia
- herramientas manuales

Los equipos de protección individual no eliminan los riesgos laborales, sino que su misión consiste en reducir al máximo las consecuencias de un posible daño causado por un accidente de trabajo o enfermedad profesional.

Antes de implantar el uso de un equipo de protección individual para minimizar las consecuencias de un posible daño al trabajador, deberá estudiarse la posibilidad de eliminar la situación de riesgo o reducir, en la medida de lo posible, el riesgo presente.

Según el Real Decreto 773/97, dos son las condiciones que, con carácter general, deben reunir los equipos de protección:

- Condiciones de los materiales empleados en su fabricación: las propiedades físicas y químicas de los materiales deberán adecuarse a la naturaleza del trabajo y al riesgo a evitar. Los materiales no deben producir efectos nocivos en el usuario
- Condiciones de diseño y construcción: su forma debe ser adecuada al mayor número posible de personas. Debe tener en cuenta los valores estéticos y reducir al mínimo su incomodidad.

Con la aparición de la Ley de Prevención y el mencionado R.D. 773/97, se han definido en gran parte todo lo relacionado con la selección y utilización de estos equipos, ya que se clarifica ampliamente lo que afecta a las responsabilidades de todos los niveles de la empresa, estableciendo cuales son y el tipo de garantías necesarias para establecer un nivel adecuado de protección de los trabajadores.

Tipos de Equipos de Protección Individual

Los EPI´s pueden clasificarse de diversas formas atendiendo a los diferentes conceptos de la protección:

a) Según el **grado de protección** que ofrecen:
- protección parcial
- protección integral

b) Según el **tipo de riesgo** a que se destina:
- protección frente a agresivos de tipo físico
- protección frente a agresivos de tipo químico
- protección frente a agresivos de tipo biológico

c) Según la **zona del cuerpo a proteger**:
- protección de la cabeza
- protección del oído
- protección de ojos y cara
- protección de vías respiratorias
- protección de manos y brazos
- protección de pies y piernas
- protección de la piel
- protección del tronco y abdomen
- protección de todo el cuerpo

Atendiendo a la complejidad del diseño y a la magnitud del riesgo contra el que protegen los EPI´s se clasifican en tres categorías:

• **Categoría 1**: de diseño sencillo, donde el usuario por sí mismo puede juzgar la eficacia o no contra los riesgos. Pertenecen a esta categoría aquellos EPI´s que tienen por finalidad proteger al usuario de:

- agresiones mecánicas cuyos efectos son superficiales (p.ej. dedales)
- productos de mantenimiento poco nocivos, cuyos efectos son reversibles
- (p.ej. guantes de protección contra soluciones detergentes)
- protecciones en tareas de manipulación de piezas calientes, que no expongan al usuario a temperaturas superiores a los 50 ºC ni a choques (p.ej. guantes)
- protección frente a agentes atmosféricos que no sean excepcionales ni extremos (p.ej. gorros o ropas de temporada)
- protección frente a pequeños choques y vibraciones que no afecten a partes vitales del organismo y no produzcan lesiones irreversibles (p.ej. cascos)
- protección a la radiación solar (p.ej. gafas de sol)

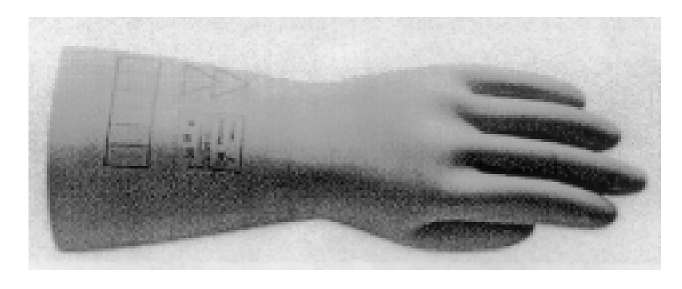


Figura 15-1

• **Categoría 2**: En esta categoría se integran aquellos EPI´s que no reuniendo características de la categoría anterior tampoco están, diseñados para la magnitud de riesgo de categoría 3.

• **Categoría 3**: Corresponden a aquellos EPI´s destinados a proteger al usuario de todo peligro mortal o que pueda dañar gravemente y de forma irreversible la salud. Pertenecen a esta categoría:

- equipos de protección respiratoria filtrantes que protejan frente a aerosoles sólidos y líquidos o gases irritantes
- equipos de protección respiratoria aislantes de la atmósfera
- EPI´s de protección contra las agresiones químicas o contra las radiaciones ionizantes
- EPI´s de intervención en ambientes cálidos, cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura ambiente igual o superior a 100 ºC, con o sin radiación de infrarrojos
- EPI´s de intervención en ambientes fríos, cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura ambiente igual o inferior a -50ºC
- EPI´s destinados a proteger contra caídas en altura
- EPI´s destinados a proteger contra riesgos eléctricos para los trabajos realizados bajo tensiones peligrosas o los que se utilicen como aislantes de alta tensión

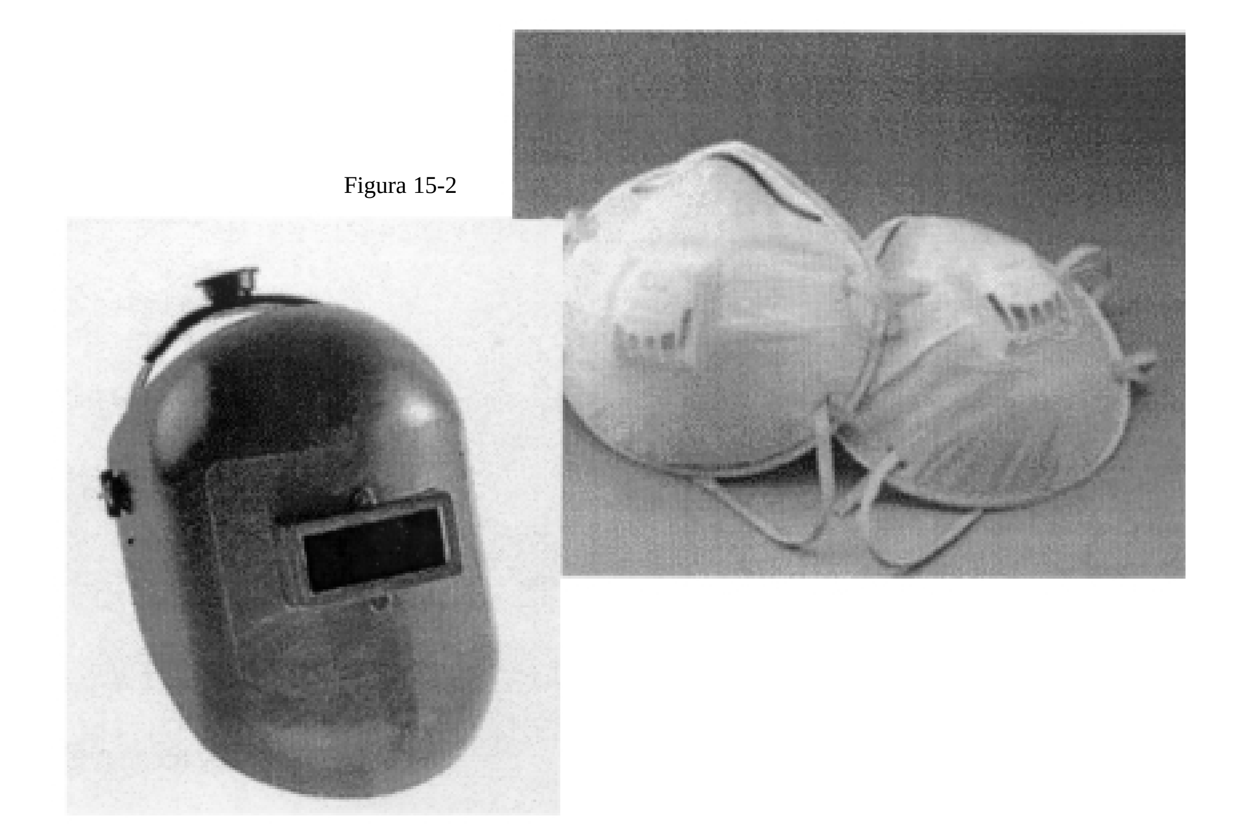


Figura 15-2

Selección, uso y mantenimiento de los equipos de protección individual

La selección y elección del equipo de protección individual adecuado para proteger contra un determinado riesgo, debe realizarse según los siguientes criterios:

- analizar y evaluar los riesgos existentes que no puedan evitarse o limitarse suficientemente por otros medios
- definir las prestaciones que debe satisfacer el EPI, según el riesgo que deba proteger
- seleccionar el EPI adecuado, que no añada riesgos complementarios y que sea lo más cómodo y adaptable posible. Deberá evitarse que el EPI interfiera en el proceso productivo.
- consultar con los trabajadores o representantes sobre el equipo de protección individual más adecuado teniendo en cuenta el tipo de trabajo que se efectúa, y las características de los usuarios.
- Informar a los trabajadores de los riesgos para los que se recomienda el uso del equipo de protección individual elegido

Por otra parte, el trabajador está obligado a utilizar el equipo de protección individual y a seguir correctamente las instrucciones de uso de dicho equipo, velando por el correcto funcionamiento del mismo.

El Anexo I del Real Decreto 773/ 1997, de 30 de mayo, recoge una lista exhaustiva de los equipos de protección individual. En el Anexo IV del citado Real Decreto se recogen las indicaciones no exhaustivas para la evaluación de equipos de protección individual.

LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL NO ELIMINAN LOS RIESGOS, SÓLO SIRVEN PARA MINIMIZAR LAS CONSECUENCIAS

Para el uso y mantenimiento de los EPI´s deben tenerse len cuenta, entre otras, las siguientes precauciones:

- la utilización y almacenamiento de los EPI´s deberá efectuarse según las instrucciones del fabricante
- las condiciones en las que estos equipos deben utilizarse, en particular, en lo que se refiere al tiempo durante el cual puedan utilizarse deberá determinarse en función de la gravedad y tiempo de exposición al riesgo, las condiciones del puesto de trabajo y prestaciones del propio EPI.

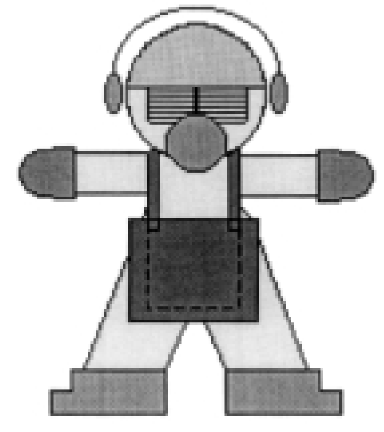


Figura 15-3

EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA

Se definen como aquellos equipos que protegen simultáneamente a más de una persona del riesgo para el que fueron concebidos, logrando así la eliminación o reducción del mismo. Por tanto, estos equipos están diseñados para proteger una zona determinada de trabajo, quedando así protegidos todos los trabajadores que desarrollan su actividad en dicha zona de trabajo.

Entre los tipos de protección colectiva, más habitualmente empleados, merecen destacarse, los siguientes:

a) Contra el riesgo de **caídas**:
- barandillas
- redes
- protección de huecos

b) Contra **contactos eléctricos**:
- doble aislamiento
- puesta a tierra y diferencial
- recubrimiento de partes activas
- separación de circuitos
- pequeñas tensiones de seguridad
- neutro aislado a tierra

c) **Protección de máquinas**:
- resguardos
- dispositivos de protección

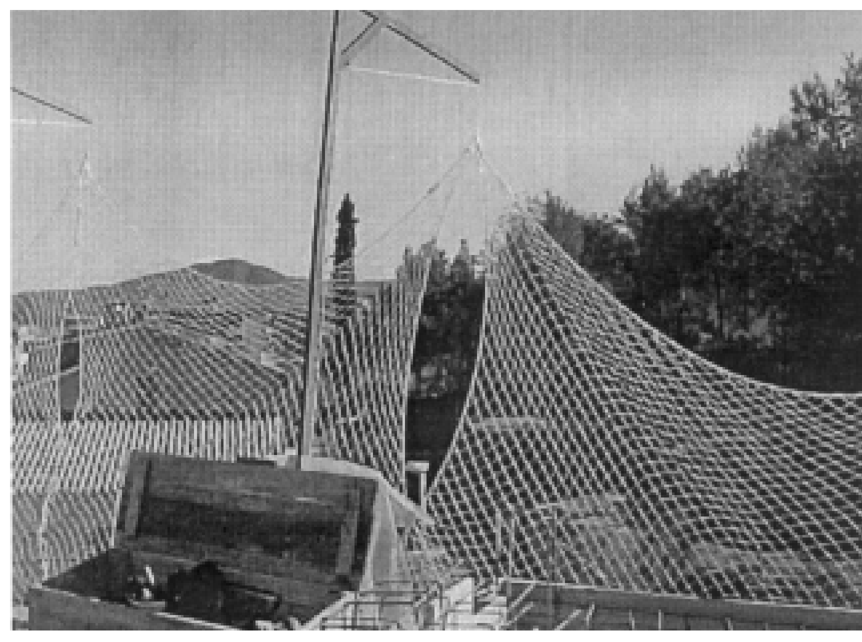


Figura 15-4

CAPÍTULO 16: SEÑALIZACIÓN

Según el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se define la señalización de seguridad y salud en el trabajo, como aquella indicación que proporciona una información relativa a seguridad o salud en el trabajo. Se remite al lector a dicho Real Decreto para más detalles.

La utilización de la señalización en el campo de la prevención de riesgos laborales, tiene como objetivos:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones
- Alertar a los trabajadores cuando se produce una situación de emergencia
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de medios e instalaciones de evacuación, protección, emergencia y primeros auxilios
- Orientar e informar a los trabajadores que efectúan maniobras peligrosas

Conviene resaltar, que al igual que los equipos de protección individual, la señalización de seguridad no elimina el riesgo, por lo que deberán, además, adoptarse las medidas preventivas que correspondan.

Las señales pueden ser, básicamente, de dos tipos:

a) Señales en forma de **panel**: señales de advertencia
señales de prohibición
señales de obligación
señales indicativas
señales de salvamento o socorro

b) Señales **luminosas y/o acústicas**

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES
Rojo	Prohibición	Comportamientos peligrosos
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia Evacuación
	Material de lucha contra incendios	Identificación y localización
Amarillo	Advertencia	Atención, precaución
Azul	Obligación	Comportamiento especifico Obligación de uso de EPI
Verde	Salvamento	Puertas, salidas
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

Tabla 16-1: COLORES DE SEGURIDAD: CARACTERÍSTICAS, SIGNIFICADO E INDICACIONES


Riesgo de tropezar


Caída a distinto nivel


Vehículos de manutención

Figura 16-1: ALGUNAS EJEMPLOS DE SEÑALES DE ADVERTENCIA


Prohibido fumar


Prohibido fumar y llamas desnudas


Prohibido pasar a los peatones

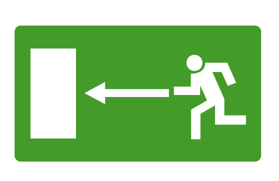
Figura 16-2: ALGUNOS EJEMPLOS DE SEÑALES DE PROHIBICIÓN


Protección obligatoria de los pies


Protección obligatoria del oído


Protección obligatoria de las manos

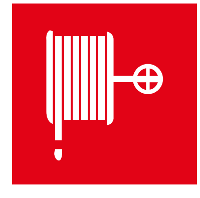
Figura 16-3: ALGUNOS EJEMPLOS DE SEÑALES DE OBLIGACIÓN


Salida de socorro




Primeros auxilios

Figura 16-4: ALGUNOS EJEMPLOS DE SEÑALES DE SALVAMENTO O SOCORRO


Manguera para incendios


Extintor

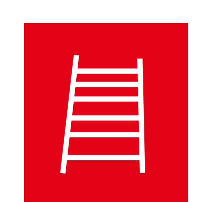

Escalera de mano

Figura 16-5: ALGUNOS EJEMPLOS DE SEÑALES RELATIVAS A EQUIPOS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Los pictogramas y colores están regulados por leyes, reglamentos y normas de seguridad. En particular, el Reglamento de Aparatos a Presión establece un color identificativo de las tuberías según el tipo de fluido que por ellas circule.

CAPÍTULO 17: VALORACIÓN DE LOS RIESGOS EN DISTINTOS TIPOS DE INDUSTRIA

La actividad laboral no tiene porqué ser peligrosa; sin embargo hay tareas muy concretas en las que no es posible eliminar riesgos y por lo tanto, los trabajadores se encuentran expuestos a sufrir accidentes o enfermedades profesionales. Para reducir o eliminar esos riesgos es necesario adoptar medidas preventivas, pero para ello previamente deberá conocerse cuáles son concretamente esos riesgos.

Se define el riesgo laboral como "la probabilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo". Debe quedar claro, que manifestar que existe un determinado riesgo laboral en un trabajo no significa que dicho riesgo se vaya a materializar de forma automática y en consecuencia, provoque un daño inmediato, bien sea un accidente de trabajo o una enfermedad profesional.

El peligro se define como la posibilidad muy elevada de que se produzca un daño en un periodo de tiempo muy corto o inmediato, con independencia de la gravedad del daño: grave o no. La inminencia de un riesgo supone que éste se puede materializar en un futuro muy próximo o inmediato.

El daño, lesión sufrida con motivo u ocasión del trabajo, puede tener su origen en el propio lugar de trabajo, en el trabajo desarrollado, en el incumplimiento de normas, en la ausencia o insuficiente formación, la organización del trabajo, etc. Se considera que todos estos aspectos deben ser tenidos en cuenta para identificar los riesgos derivados del trabajo.

La gravedad del riesgo es la probabilidad de que se produzca ese daño por la severidad del mismo; lógicamente, los riesgos con alta gravedad son preferentes a la hora de aplicar medidas preventivas. Para calificar un riesgo laboral desde el punto de vista de su gravedad, deberá valorarse de forma conjunta la probabilidad de que este se produzca y la severidad del mismo.



Determinar la probabilidad de que un trabajador sufra un daño laboral no debe considerarse como algo inmediato ni siquiera intuitivo. La probabilidad admite grados -poco probable, muy probable y términos intermedios- que deben obedecer a criterios establecidos y objetivarse al máximo.

Se acepta generalmente el siguiente listado de riesgos laborales que están asociados a las diferentes condiciones de trabajo que se pueden presentar en el lugar de trabajo:

Riesgos asociados a las "Condiciones de seguridad"
Caída de personas al mismo nivel
Caída de personas a distinto nivel
Caída de objetos
Desprendimientos, desplome y derrumbes
Choques y golpes
Maquinaria automotriz y vehículos (dentro del centro de trabajo)
Atrapamientos
Cortes
Proyecciones
Contactos térmicos
Contactos químicos
Riesgo eléctrico (por arco eléctrico o contactos eléctricos)
Incendios y explosiones
Tráfico (fuera del centro de trabajo)
Agresión de animales vivos
Riesgos asociados a las "Condiciones medio-ambientales del trabajo"
Estrés térmico
Ruido
Vibraciones
Radiaciones ionizantes
Radiaciones no ionizantes
Ventilación insuficiente
Iluminación deficiente
Agentes químicos
Agentes biológicos
Riesgos asociados a las "Condiciones ergonómicas y psicosociológicas del trabajo"
Carga física
Carga mental
Organización del trabajo

Tabla 17-1: RIESGOS LABORALES ASOCIADOS A DIFERENTES CONDICIONES DE TRABAJO

INDUSTRIA QUÍMICA

La industria química se ha convertido en uno de los motores de la industria moderna. Pero su crecimiento y expansión no está exenta de sombras al lado de las luces. No es preciso ser muy crítico para comprender que no ha sido precisamente un modelo de planificación ejemplar (especialmente en lo que se refiere al medio ambiente) ni de dosificación de los recursos disponibles (materias primas, energía).

Aspectos negativos

- ❑ Aumento de la probabilidad de grandes accidentes con un fuerte impacto sobre personas, el medio ambiente y los bienes.

Aspectos positivos

Entre otros:

❑ Una notable cantidad de productos que hacen la vida más cómoda.

❑ El incremento de la esperanza de vida media observado en la población de cualquier país industrializado.

La aparición de grandes accidentes

El riesgo potencial de grandes accidentes se pone de manifiesto en la década de los años ochenta, por la ocurrencia de algunos casos de graves consecuencias:

- ❑ El año 1984, registra tres de los accidentes más graves de la historia: Sao Paulo -rotura de una conducción de gasolina, 800 muertos-; Ciudad de México -explosión e incendio en un parque de almacenamiento de GLP , 450 muertos- (TNO 1985), y Bhopal -escape de gas con formación de una nube tóxica, más de 2.500 muertos-.
- ❑ En 1989, la explosión de una nube de gas natural, probablemente la mayor de la historia, procedente del escape de un gasoducto, provoca la muerte de aproximadamente 650 personas en los Urales (Shelton 1990, CCPS-AIChE 1994).
- ❑ En el aspecto del impacto ambiental, 1986 registra el grave episodio de la contaminación del Rin, provocado por incendio de un almacén de productos químicos ubicado en Schweizerhalle, Suiza (SANDOZ 1988).

Un estudio reciente de los accidentes más graves ocurridos en las últimas décadas, presenta el siguiente reparto (King 1990):

Década	N.º de accidentes
1958 - 1967	13
1968 - 1977	33
1978 - 1987	58

Tabla 17-2: ACCIDENTES GRAVES EN LA INDUSTRÍA QUÍMICA

Estas cifras muestran que el número de accidentes graves se ha doblado cada diez años en este período.

Consecuencias

Esto viene a poner de manifiesto la necesidad de mejorar la seguridad, o dicho en otras palabras, de reducir el riesgo de potenciales accidentes. Esta necesidad ha provocado diversos cambios en la legislación, el más importante es la denominada "Directiva Seveso" (directivas 82/501/CEE, 87/216/CEE y 88/610/CEE), de aplicación en los diversos países de la Comunidad Europea.

Esta directiva ha sido ya implantada en el Estado Español mediante los "Reales Decretos" 886/1988 y 952/1990 sobre "prevención de Accidentes Mayores en determinadas actividades industriales". Una revisión crítica de la situación en España generada por la aplicación de esta normativa, con la exposición de algo más de una decena de experiencias vividas por Accidentes Mayores, puede ser consultada en Vílchez y otros. (1995).

Aproximación al análisis de riesgos

Un tratamiento riguroso del riesgo no puede basarse en la concepción intuitiva: es necesaria una definición más precisa que permita su cuantificación. Una definición que cumple este requisito es la basada en el producto de la frecuencia prevista para un determinado acontecimiento por la magnitud de sus consecuencias probables:

Riesgo = frecuencia x magnitud consecuencias

Así, si un accidente tiene una frecuencia estimada de una vez cada cincuenta años y sus consecuencias se estiman en un centenar de muertos, el riesgo es de 2 muertos/año. O si el accidente, con la misma frecuencia, tiene como consecuencias unas pérdidas evaluadas en trescientos millones de pesetas, el riesgo es de seis millones de pesetas por año. Esta forma de definir el riesgo presenta ciertamente dificultades e inconvenientes.

En primer lugar, las unidades: la magnitud de las consecuencias de un accidente no se mide únicamente en muertos o en dinero; hay también la posibilidad de tener heridos o acciones a largo plazo sobre la población, de difícil o imposible estimación (casos de Seveso y Bhopal, por ejemplo), o de contaminación de áreas más o menos extensas (Seveso, Rin).

En segundo lugar, no resulta fácil calcular los dos parámetros que intervienen en la definición, frecuencia y magnitud de las consecuencias. Existen metodologías que permiten estimar estos parámetros no de forma exacta, pero sí con una precisión razonable.

Clasificación de riesgos

Dada la variedad de riesgos, se han propuesto diversas clasificaciones de los mismos. Citaremos en primer lugar tres categorías generales:

Riesgos de categoría A

Son los inevitables y aceptados, sin compensación (por ejemplo, morir fulminado por un rayo).

Riesgos de categoría B

Evitables en principio, pero que hay que considerar inevitables si uno quiere integrarse plenamente en la sociedad moderna (ejemplo: morir de accidente viajando en avión).

Riesgos de categoría C

Totalmente evitables, voluntarios y con compensación (ejemplo: practicar un deporte peligroso).

Desde el punto de vista más concreto de las actividades industriales, los riesgos pueden clasificarse en otras tres categorías:

Riesgos convencionales

Relacionados con la actividad y equipo existentes en cualquier sector (electrocución, caídas).

Riesgos específicos

Asociados a la utilización de productos que por su naturaleza pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radioactivos).

Riesgos potenciales

Relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad, puesto que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía es capaz de afectar a áreas considerables (escape de gases, explosiones).

De estos tres, los dos primeros corresponden al tratamiento clásico de la seguridad e higiene en el trabajo, y por su forma de actuar son en general relativamente fáciles de prever. En cambio, las especiales características de los riesgos potenciales los convierten probablemente en la contingencia más temible. Actuando con una severidad a veces extrema, estos accidentes pueden presentar la característica de rebasar los límites de la instalación, incidiendo sobre la población externa y sobre el medio ambiente. Estas características de los riesgos potenciales son las que han contribuido esencialmente a conferir a la industria química una imagen de peligro, desarrollando un sentimiento de rechazo en parte de la sociedad. A ellas se debe también que gran parte de los esfuerzos realizados actualmente se dirijan hacia la prevención de los riesgos potenciales, denominados también riesgos de "Accidentes Mayores". La reducción de estos riesgos es el objetivo principal del denominado "Análisis de Riesgos".

Enfoques para el análisis de riesgos

Técnicamente, el análisis de riesgos puede enfocarse de dos maneras distintas:

Tratamiento probabilístico: se analizan las consecuencias de accidentes en relación con sus frecuencias (estimadas) de suceso. Las medidas de protección y prevención se dirigen prioritariamente a las situaciones incidentales de mayor riesgo, definido éste como el producto de las consecuencias por la frecuencia. En ciertos países este planteamiento es obligatorio en cualquier proyecto de desarrollo industrial.

Tratamiento determinístico: se analizan simplemente las consecuencias de accidentes en las condiciones más desfavorables, incluso en el caso de que su frecuencia estimada sea muy baja; es decir se analizan las consecuencias máximas de cara a adoptar medidas de prevención y protección.

Es un tratamiento menos riguroso que el probabilístico y que exige menor esfuerzo; en realidad, sus conclusiones representan un máximo frente al que adoptar medidas y planificar la respuesta exterior. Este planteamiento es el que se recoge en los "Estudios de Seguridad" que han de elaborar las empresas químicas en cumplimiento de la "Directiva Seveso".

El análisis de riesgos

La evaluación de los diversos riesgos potenciales existentes en una determinada instalación se lleva a cabo modernamente mediante la aplicación de un conjunto de metodologías específicas. Dicha evaluación, denominada análisis de riesgos, consiste básicamente en la determinación, con una precisión razonable, de los siguientes aspectos:

- ❑ Accidentes que pueden ocurrir.
- ❑ Frecuencia de los mismos.
- ❑ Magnitud de sus consecuencias.

Algunas de las técnicas utilizadas son determinísticas -el cálculo de consecuencias con modelos matemáticos-, otras son probabilísticas -los árboles de fallos y los árboles de sucesos-, y un tercer grupo resulta algo más difícil de clasificar; en él incluimos el análisis histórico, determinados modelos de vulnerabilidad, los índices de riesgo e incluso el HAZOP.

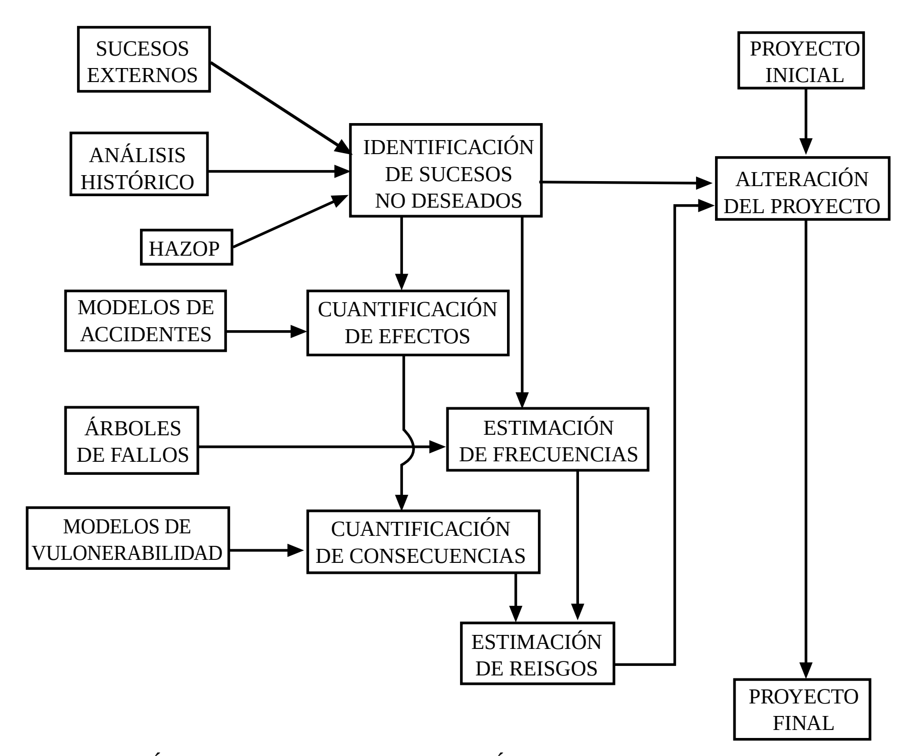


Figura 17-1: ANÁLISIS DE REISGOS: APLICACIÓN A UN PROYECTO O A UNA PLANTA QUÍMICA YA EXISTENTE

Para evaluar el riesgo se estudian esencialmente los acontecimientos internos, es decir, aquellos que tienen su origen en la propia industria. Simultáneamente se estudian también los acontecimientos denominados externos, tanto los de origen natural (terremotos, inundaciones) como artificial (explosiones, incendios o nubes procedentes de plantas vecinas, accidentes de carretera) capaces de originar posteriores emergencias internas.

El análisis histórico

Para estudiar los posibles accidentes internos, en primer lugar, se efectúa un análisis histórico. Es decir, se estudian los accidentes ocurridos en fábricas, procesos, instalaciones u operaciones parecidas a la que se está analizando. Este estudio facilita el establecimiento a priori de los puntos débiles del sistema. Si, por ejemplo, se lleva a cabo el análisis de riesgo de un parque de depósitos de combustible, el análisis histórico demostrará que un elevado número de accidentes ha sido provocado por rebosamiento (sobrellenado) y vertido del combustible; por tanto, instalando en los depósitos un control automático de nivel provisto de alarma, se eliminará de entrada una de las fuentes de accidentes más probables. De hecho las "Guías Técnicas" editadas por las Autoridades Competentes (Comunidades autónomas con transferencias en Industria) proponen esta técnica como método cualitativo de apoyo a otros sistemas de identificación de riesgos, que requieren una mayor dedicación y especialización técnica (ej., HAZOP).

HAZOP o análisis de peligros y operabilidad

El análisis histórico se lleva a cabo consultando un banco de datos sobre accidentes. Estos bancos, informatizados, permiten una consulta exhaustiva y, sobre todo, muy rápida, de la información disponible. Esta información, obtenida de una manera directa, debe considerarse complementaria y no sustitutoria de la que se obtendrá de un estudio sistemático.

Existen diversas metodologías para llevar a cabo este tipo de estudio. Se comentará aquí únicamente la más utilizada, el HAZOP o análisis de peligros y operabilidad. Este método se fundamenta en el hecho de que la probabilidad de que aparezcan problemas aumenta cuando las condiciones y variables de operación se alejan de sus valores normales.

Se utilizan una serie de palabras-guía (no, más, menos, otro, etc.) destinadas a facilitar la búsqueda de posibles desviaciones al ser aplicadas sistemáticamente a los diferentes componentes de la instalación estudiada. Esta es una tarea que hay que realizar en equipo, muy metódica y según un procedimiento formalizado, generándose una notable cantidad de información sobre las condiciones de deriva de la instalación y los sistemas de control que permiten corregir esta situación.

Con estas técnicas se consiguen dos objetivos: mejorar la seguridad de la planta, efectuando modificaciones en la misma (caso de plantas ya existentes) o en el proyecto (nuevas instalaciones), y simultáneamente identificar los posibles acontecimientos no deseados (accidentes).

Estimación de la frecuencia

Para completar el análisis de riesgo es necesario estimar su frecuencia y evaluar o cuantificar sus efectos y sus consecuencias.

La frecuencia o la probabilidad con que tendrá lugar un accidente en un cierto intervalo de tiempo, denominado acontecimiento principal, puede estimarse mediante su

descomposición en los acontecimientos-causa que lo pueden provocar. Las secuencias o relaciones que existen entre éstos se expresan mediante puertas lógicas (y, o) en los denominados árboles de fallos

Sería extraordinariamente difícil prever de una manera directa cuál es la probabilidad de un determinado accidente, por ejemplo la formación de una nube tóxica por la aparición de una reacción incontrolada en un reactor. Este tipo de accidente es tan poco frecuente que harían falta períodos de investigación y seguimientos muy largos para llegar a tener datos estadísticamente significativos.

Pero es posible descomponer el acontecimiento principal en una serie de acontecimientos primarios lógicamente concatenados; éstos son, a menudo, suficientemente frecuentes como para permitir su estudio estadístico. De esta manera puede estimarse finalmente la frecuencia o probabilidad relacionada con el acontecimiento principal.

Evaluación de los efectos

Para completar el análisis de riesgos, será necesario evaluar los efectos y consecuencias del accidente mediante los modelos matemáticos pertinentes cuyas ecuaciones comprenden las características físicas y químicas de las substancias en cuestión, las condiciones del escape, la estructura del terreno, las condiciones meteorológicas, etc.

Así se puede estimar, en el caso de explosiones, la masa involucrada y la sobrepresión originada a diversas distancias; en el caso de incendios, se calcula la radiación térmica sobre personas e instalaciones en función de la distancia y la cota; y en el caso de productos tóxicos, puede preverse de forma aproximada cómo tendrá lugar la difusión, prediciendo así la distribución de concentraciones en función de la distancia y del tiempo.

De una forma esquemática, los diversos apartados del cálculo son los siguientes:

- ❑ Estimación de la cantidad de producto tóxico, inflamable, etc. realmente involucrada en el acontecimiento.
- ❑ Cálculo de la radiación térmica (incendios).
- ❑ Cálculo de la onda de choque (explosiones)
- ❑ Cálculo de la evolución de la distribución de concentraciones (nubes tóxicas).

Posibilidades de accidentes

Los accidentes de gran magnitud que pueden tener lugar en una industria están casi siempre asociados a la pérdida de contención de un producto tóxico o inflamable, generalmente un fluido. En función del estado del mismo y de sus características, puede producirse un incendio, una nube tóxica o inflamable, etc.

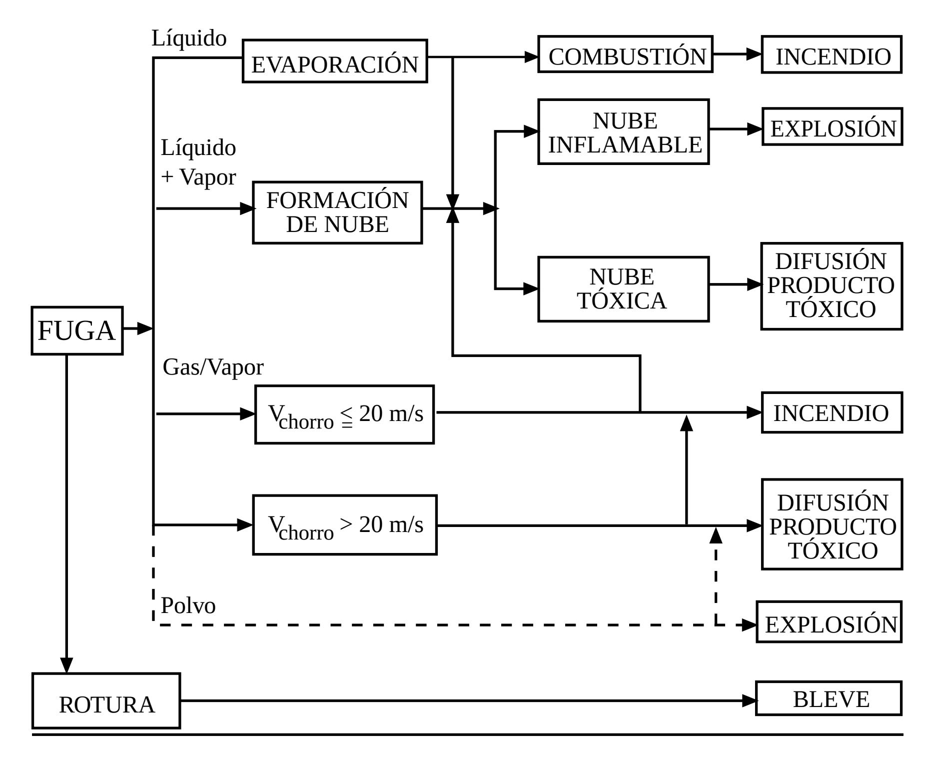


Figura 17-2: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LAS POSIBILIDADES DE ACCIDENTE

Líquido

Si el escape es de líquido se formará una balsa (en función de la disposición del terreno, existencia de cubetos, etc.) y habrá evaporación. Si el producto es combustible, puede tener lugar directamente un incendio del líquido vertido, o puede formarse una nube que podrá inflamarse si encuentra un punto de ignición, con la consiguiente explosión; ésta originará una onda de choque, la sobrepresión de la cual puede destruir otras instalaciones, provocando nuevos escapes (efecto "dominó"). Si el producto es tóxico, la nube formada puede simplemente dispersarse en la atmósfera (si es menos pesada que el aire o si las condiciones atmosféricas son favorables) o puede desplazarse a ras del suelo, con el consiguiente peligro para la población.

Mezcla de líquido y vapor

Si el escape es una mezcla de líquido y vapor, como suele suceder en el caso de los gases licuados a presión, es probable la formación de una nube más pesada que el aire, con las mismas consecuencias que en el caso anterior.

Gas o vapor

En el escape de un gas o un vapor, la situación dependerá de la velocidad de salida. Si ésta es inferior a unos 20 m/s puede formarse también una nube o, si es un gas combustible, puede quemar como un soplete. Si la velocidad es superior a aproximadamente 20 m/s, la turbulencia originada, totalmente desarrollada, impide la formación de una nube de grandes dimensiones y el producto es dispersado en la atmósfera o, si es combustible, puede inflamarse formando un gigantesco soplete (dardo de fuego) capaz de destruir otras instalaciones. Un conocido Accidente Mayor que tuvo su origen en una concatenación de sucesos de este tipo fue el de Priolo en 1985. El incidente, que comenzó como un dardo de fuego, acabó, tras una serie de desafortunadas

secuencias accidentales, en escenarios de tipo BLEVE que destruyeron la instalación de producción de etileno.

Atmósferas de polvo

Es interesante citar también las explosiones de atmósferas de polvo. Las substancias oxidables, cuando se encuentran finamente divididas en pequeñas partículas, pueden experimentar una combustión rapidísima originando auténticas explosiones (deflagraciones) de gran poder destructor. Esto suele pasar, sin embargo, en el interior del equipo e instalaciones y no en el exterior.

En definitiva, lo que se puede tener finalmente es un incendio, una explosión o la difusión de un producto tóxico. A su vez, cada uno de estos accidentes presenta una serie de posibilidades: el incendio puede ser de líquido en un depósito o en una balsa, de un chorro de gas o vapor, o de una nube de vapor; la explosión puede ser confinada, no confinada o bien puede tratarse de un BLEVE con la posterior formación (en el caso de productos combustibles) de una bola de fuego; finalmente, el escape puede involucrar un gas más ligero que el aire, un gas neutro o un gas más pesado que el aire.

Escenarios accidentales

Hay que tener en cuenta que en un accidente pueden encontrarse simultáneamente los efectos de incendio, explosión, etc. Por ejemplo, en el caso ya citado del BLEVE, inicialmente tiene lugar la onda de choque provocada por el estallido del recipiente, a continuación los fragmentos del mismo son despedidos en diversas direcciones, y seguidamente se forma una bola de fuego que desprende una fuerte radiación térmica. Asimismo pueden ocurrir una serie de accidentes en cadena (efecto dominó, como se dio en el citado accidente de Priolo). La magnitud de las consecuencias de un determinado accidente dependerá de una serie de factores (inventario, energía contenida en el sistema, tiempo que dura el accidente, grado de exposición) que deberán ser contemplados en el análisis de riesgos.

Mediante modelos de cálculo podemos evaluar los siguientes escenarios accidentales (definiciones más precisas pueden ser consultadas en el glosario de términos de la Directriz Básica):

Escenarios que determinan fenómenos peligrosos de tipo térmico:

- ❑ Incendio de charco (POOL FIRE)
- ❑ Llamarada (FLASH FIRE)
- ❑ Dardo de fuego (JET FIRE)
- ❑ BLEVE/Bola de fuego (FIREBALL)

Escenarios que determinan fenómenos peligrosos de tipo mecánico:

- ❑ Explosión de nube inflamable no confinada (UVCE)
- ❑ Explosión confinada de vapores (CVE)
- ❑ Estallido de recipiente a presión
- ❑ Explosión BLEVE

Escenarios que determinan fenómenos peligrosos asociados a la concentración de la sustancia emitida en el ambiente (de tipo térmico para sustancias inflamables y de tipo químico para sustancias tóxicas)

- ❑ Chorro turbulento (JET)
- ❑ Dispersión instantánea (bocanada)
- ❑ Dispersión continua (emisión prolongada en el tiempo)
- ❑ Dispersión transitoria (emisión limitada en el tiempo, a menudo variable)
- ❑ Dispersión neutra o gausiana (dispersión de gases o vapores con densidad similar al aire)
- ❑ Dispersión de gases pesados (la gravedad influencia de manera destacada la evolución de la nube en los primeros momentos).

Imprecisión de los cálculos

No es el objetivo del presente seminario efectuar una exposición de los diversos modelos existentes para llevar a cabo los cálculos citados, que pueden encontrarse en obras especializadas. Es interesante comentar, sin embargo, que hay que ser prudente en su aplicación. Modelos excesivamente simplificados pueden conducir a resultados disparatados, mientras que modelos demasiado complejos pueden ser asimismo poco precisos, además de excesivamente farragosos. Hay que tener en cuenta que en la utilización de estos modelos es necesario utilizar determinados parámetros cuyo valor es imposible conocer con precisión (intensidad de radiación, localización del punto de ignición, masa involucrada, velocidad del viento, etc.).

Hay que ser consciente, por tanto, de que se trata de cálculos aproximados; la precisión de los mismos puede ser función, más aún que en otros campos de la ingeniería, de la experiencia del que los realiza. Sin embargo, correctamente utilizados, estos modelos son herramientas extraordinariamente útiles para llevar a cabo el análisis de riesgos.

Cuantificación de los daños: Modelos de vulnerabilidad

Una vez conocidos los efectos del accidente (radiación, onda de presión, etc.) hay que establecer cuáles serán las consecuencias sobre la población, las instalaciones y el medio ambiente.

Consecuencias sobre la población

Las consecuencias sobre la población pueden tener características diversas; una posible clasificación es la siguiente:

- Radiación térmica: quemaduras de diversa gravedad, muerte por quemaduras.
- Onda de choque:
- Daños directos:
  – Rotura de tímpano.
  – Aplastamiento de la caja torácica.
- Daños indirectos:
  – Por desplazamiento del cuerpo.

– Por impacto contra el cuerpo de fragmentos.
– Por heridas ocasionadas por astillas de vidrio.

- Productos tóxicos: intoxicación más o menos grave, muerte por intoxicación.

Para estimar el porcentaje de la población que sufrirá alguno de estos daños, es necesario en primer lugar prever cuál será la distribución (probable) de esta población en el momento del accidente. Esto permitirá determinar los efectos que actuarán en caso de accidente sobre los diferentes colectivos de la población. Las consecuencias sobre los mismos se estiman a continuación mediante modelos de vulnerabilidad, basados en un tratamiento estadístico con la función de Probit.

Consecuencias sobre las instalaciones

Las consecuencias sobre el equipo pueden deducirse de valores tabulados (caso de las ondas de choque) o de determinados modelos semiempíricos (caso de la radiación térmica).

Consecuencias sobre el medio ambiente

Las consecuencias sobre el entorno, que en algunos casos pueden aparecer a medio o largo plazo, hay que estimarlas con modelos de tipo más cualitativo.

Mención aparte, dentro del esquema general del análisis de riesgos, merecen los denominados "índices de riesgo" que, con una base esencialmente estadística/experta, se aplican al establecimiento de los efectos de accidentes sobre el equipo (no sobre personas) o al estudio de la sensibilidad de una instalación frente a un determinado accidente.

Tipos de fenómenos peligrosos

Los tipos de fenómenos peligrosos que habitualmente suelen ser evaluados utilizando modelos de cálculo en Estudios de Seguridad que aparecen en la tabla 17-3.

Los Estudios de Seguridad suelen centrar los cálculos de consecuencias en la estimación del alcance de tres magnitudes físicas peligrosas fundamentales: radiación térmica (KW/m^2), sobrepresión (mbar) y concentraciones tóxicas (ppm ó mg/m^2). Los umbrales habitualmente utilizados para establecer los daños se recogen en la tabla anterior.

Presentación formal de un estudio de consecuencias

La entrada en vigor del Real Decreto 886/88 sobre Accidente Mayores supuso un punto de inflexión en el tratamiento de la información que se dio a los temas de seguridad en la industria química. Se planteaba la necesidad de tener mayor información sobre accidentes de grandes proporciones que podían afectar al exterior de las instalaciones, no tanto con el objetivo de tener un mayor control administrativo sobre las mismas sino más bien por la necesidad de planificar una respuesta exterior adecuada en caso de siniestro. Accidentes como Flixborough (1974) y Seveso (1976) alentaron esta necesidad. Catástrofes como las de San Juanico (1984) y Bhopal (1984) no hicieron sino confirmar la magnitud que, en contadas ocasiones, puede tener estos accidentes y la gravedad de los mismos sin una adecuada coordinación e información a la población.

FENÓMENOS PELIGROSOS	VARIABLES FÍSICAS PELIGROSAS	UMBRALES PELIGROSOS
De tipo térmico	Radiación (KW/m^2)	40 Destrución equipos/tanques 12,5 Ignición de recubrimientos plásticos. Extensión del incendio 5 Máx. soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. Zona de intervención con un tiempo máx. de exposición de 3 min. 3 Zona de Alerta 1,5 Máx. soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado
De tipo mecánico	Ondas de presión: - Sobrepresión (mbar) - Impulso mecánico (mbar s)	mbar 1000 Umbral de letalidad (1% afectación por efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano
	- Protectiles	700 Demolición casi total de edificios 400 Demolición casi completa de casas 250 Rotura de tanques. Daño de maquinaria industrial pesada. Distorsión de estructuras y cimientos 125 Dislocación/colapso de paneles, paredes y techos. Zona de intervención. 50 Daños estruturales de pequeña magnitud en casa. Zona de alerta. 10 Rotura de vidrios.
De tipo químico	Concentración con efectos tóxicos agudos (efectos evidentes sobre la salud en un corto periodo de tiempo)	Concentración inmediatamente Peligrosa para la Vida y la Salud para una exposición de 30 min (IPVS en ppm ó mg/m^2). Zona de intervención. El valor umbral varía para cada sustancia. En caso de exposiciones menos prolongadas cabe corregir el umbral utilizando el concepto de "dosis equivalentes": $IPVS^n$ x 30 min = C^n x t

Tabla 17-3: TIPOS DE FENÓMENOS PELIGROSOS

Dado que la información generada en un Estudio de Seguridad debe ser pública, es fundamental en un análisis de riesgo, realizar un esfuerzo en presentar los datos y conclusiones según un formato legible, inteligible y, en cierta medida, divulgador de los

aspectos esenciales del estudio. Esta componente cobra hoy en día más actualidad al integrarse este tipo de estudios en proyectos de Licencia de Actividad, donde grupos de profesionales pertenecientes a diferentes disciplinas (ingeniería, sanidad, urbanismo, bomberos, etc.) son llamados a dictaminar sobre determinados aspectos del proyecto industrial cuya licencia se solicita. Una presentación resumida y clara del estudio puede agilizar la tramitación de la Licencia.

Por último recordar que la "Directriz Básica" sobre el riesgo químico establece los conceptos, la terminología, los apartados y las representaciones gráficas que deben ser incluidas en los Estudios de Seguridad. Las diferentes "Guías Técnicas" publicadas amplían las metodologías a aplicar, tanto de tipo cualitativo como cuantitativo. Aquí hay que hacer mención expresa al a Guía Técnica "Protocolos de revisión de las Declaraciones Obligatorias y de la zona definida de influencia", que incluye excelentes

EMPRESA			
POLÍGONO			
PLANTA			
Accidente analizado	*Descripción*	*Naturaleza del daño*	*Parámetros significativos*

Tabla 17-4: ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (1)

EMPRESA			
POLÍGONO			
PLANTA			
Accidente analizado		*Daños causados*	
	Personas	*Medio ambiente*	*Bienes*

Tabla 17-5: ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (2)

EMPRESA					
POLÍGONO					*Revisión n.º*
PLANTA					*Fecha*
Accidente analizado	*Zonificación del riesgo*			*Categoría*	*Observaciones*
	Intervención (m)	*Alerta (m)*	*Otras distancias (m)*		

Tabla 17-6: ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS (3)

modelos de tablas-resumen muy útiles para alcanzar el objetivo de claridad y divulgación comentados, de las que, a modo de ejemplo, se incluyen las relativas al "Análisis de Consecuencias" (Tablas 17-4-5 y 6).

USO DE PRODUCTOS Y SUSTANCIAS QUÍMICAS DENTRO DE LA EMPRESA

La utilización en la empresa de productos químicos entraña generalmente riesgos derivados de su propia naturaleza, tales como son:

- Incendio y explosión
- Contactos térmicos
- Contactos químicos

De forma resumida los principales riesgos presentes en la industria química, que tienen en cuenta la gran variedad de productos que se manejan, son entre otros, los siguientes:

a) Riesgos en la industria química inorgánica:

- manipulación de productos tóxicos, riesgos de intoxicaciones
- manejo de productos cáusticos, riesgo de quemaduras
- presencia de productos corrosivos e irritantes
- utilización de productos que desplazan al oxígeno, pudiendo producir asfixia
- presencia de productos irritantes para el tracto respiratorio

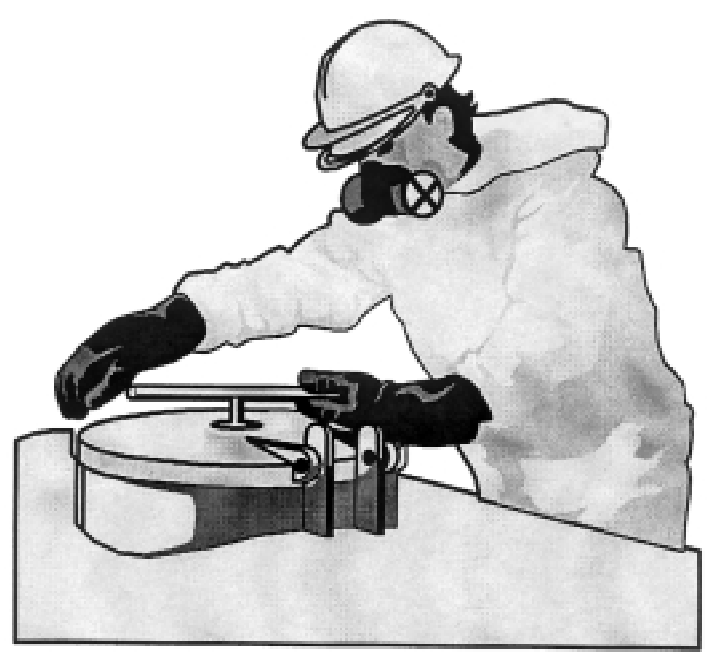


Figura 17-3

b) Riesgos en la industria química orgánica:

- productos volátiles que mezclados con el aire pueden producir mezclas inflamables. Dentro de este grupo existen numerosos compuestos que son narcóticos para el sistema nervioso
- sustancias que resultan tóxicos e irritantes para el organismo en caso de ingestión
- productos que pueden producir reacciones alérgicas
- riesgos debido a las reacciones que pueden producir la mezcla de diferentes compuestos

Dada la complejidad de las sustancias y en muchos casos la falta de información de los fabricantes sobre la composición de los productos comerciales, se ha hecho necesaria una regulación normativa respecto al envasado y etiquetado de los productos químicos, para que el usuario tenga suficiente información sobre los riesgos y medidas preventivas a adoptar. La legislación aplicable en esta materia es el Real Decreto 363/95 por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.



Figura 17-3

El manejo de productos químicos deberá ser realizado por trabajadores con la formación necesaria sobre los riesgos derivados de su utilización y sobre las medidas de prevención y protección aplicables.

Los productos químicos que se utilicen deben estar correctamente envasados y etiquetados según la vigente normativa existente. Con carácter general, las etiquetas de los envases deben cumplir las siguientes condiciones:

- Impresión clara, legible e indeleble
- Colocadas de forma visible
- No deben contener indicaciones de "No tóxico", "No nocivo", etc.
- El texto de la etiqueta debe contener:
    - ♦ Nombre sustancia
    - ♦ Concentración producto
    - ♦ Nombre y dirección fabricante
    - ♦ Pictogramas indicadores de peligro
    - ♦ Mención de los riesgos específicos (frases R)
    - ♦ Consejos de prudencia (frases S)

Como se ha indicado, en la etiqueta de los envases de los productos químicos, han de figurar las frases R y S necesarias para conocer más detalles sobre sus peligros y las medidas preventivas a adoptar. A continuación se indica el significado de algunos de estos códigos.

Frases R	**SIGNIFICADO**
R23/R25	Tóxico por inhalación y por ingestión
R26/R27	Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel
R42/43	Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel
Frases S	**SIGNIFICADO**
S4	Manténgase lejos de lugares habitados
S25	Evítese el contacto con los ojos

Tabla 17-7: ALGUNOS EJEMPLOS DE FRASES R YS

Entre otras, las normas de seguridad que deben tenerse presentes en el manejo de productos químicos son:

- En los puestos de trabajo, es recomendable limitar la cantidad de productos químicos peligrosos a lo estrictamente necesario.
- Siempre que sea posible, los productos químicos se conservarán en sus recipientes originales. Nunca deberá utilizarse un recipiente que haya contenido un producto químico determinado para almacenar otro producto químico diferente.
- Después de ser utilizados, los recipientes deben quedar perfectamente tapados.
- Si se utilizan productos químicos peligrosos, deberá utilizarse obligatoriamente el equipo de protección individual adecuado.
- Debe prohibirse fumar, cuando se vayan a realizar operaciones con productos químicos.
- Deberán establecerse medidas complementariamente cuando deban realizarse operaciones de soldadura, corte, etc. en la proximidad de almacenamientos de productos químicos peligrosos o en el interior de envases que los hayan contenido.
- Deben existir lavaojos o duchas de emergencia en locales donde se realicen frecuentemente operaciones con productos químicos peligrosos.
- Los lugares de almacenamiento de productos químicos deben estar bien ventilados, mantener un correcto orden y limpieza en la zona, protegidos del sol directo y deben disponer de sistemas de protección contra incendios adecuados a los productos almacenados.
- Siempre que sea posible se evitará el apilamiento de recipientes que contengan productos químicos peligrosos.
- Deben tenerse precauciones especiales cuando sea necesario el almacenamiento de productos químicos que tengan reactividad peligrosa al entrar en contacto entre sí.

INDUSTRIA ELÉCTRICA

Los accidentes eléctricos aunque son poco frecuentes, producen en la mayoría de los casos lesiones graves o mortales.

Existen dos posibles tipos de accidentes eléctricos:

- accidente por cebamiento de un arco eléctrico, por contacto de elementos a diferente potencial (herramienta-fase, masa-fase, etc.)
- accidente por paso de corriente por el organismo (contacto eléctrico), que se suele denominarse electrocución,

Como consecuencia de actos involuntarios derivados del propio accidente eléctrico, se pueden producir, además, caídas a distinto nivel, golpes, etc.

Factores que determinan la gravedad del paso de corriente eléctrica por el organismo

Cuando se produce un paso de corriente eléctrica a través del organismo, la gravedad del accidente viene determinada básicamente por los siguientes factores:

- Intensidad de la corriente eléctrica
- Tiempo de contacto a la corriente eléctrica
- Trayectoria de la corriente eléctrica por el cuerpo humano
- Frecuencia de la corriente eléctrica (alterna, continua)
- Resistencia eléctrica del cuerpo humano
- Tensión aplicada

No obstante, los factores que más intervienen en la gravedad de un accidente eléctrico de este tipo son: la intensidad -que depende básicamente de la resistencia del cuerpo humano-, y el tiempo de contacto.

Con carácter general, el paso de corriente eléctrica por el organismo puede producir los siguientes efectos sobre la persona:

- Ningún efecto fisiológico
- Leve percepción sin efecto significativo para la persona (cosquilleo)
- Tetanización muscular (imposibilidad de soltarse del elemento activo eléctricamente)
- Fibrilación ventricular (lesiones cardiacas muy importantes)
- Quemaduras

Intensidad y tiempo de contacto de la corriente eléctrica

La probabilidad de que aparezcan los diferentes efectos descritos anteriormente aparece reflejada en la siguiente gráfica:

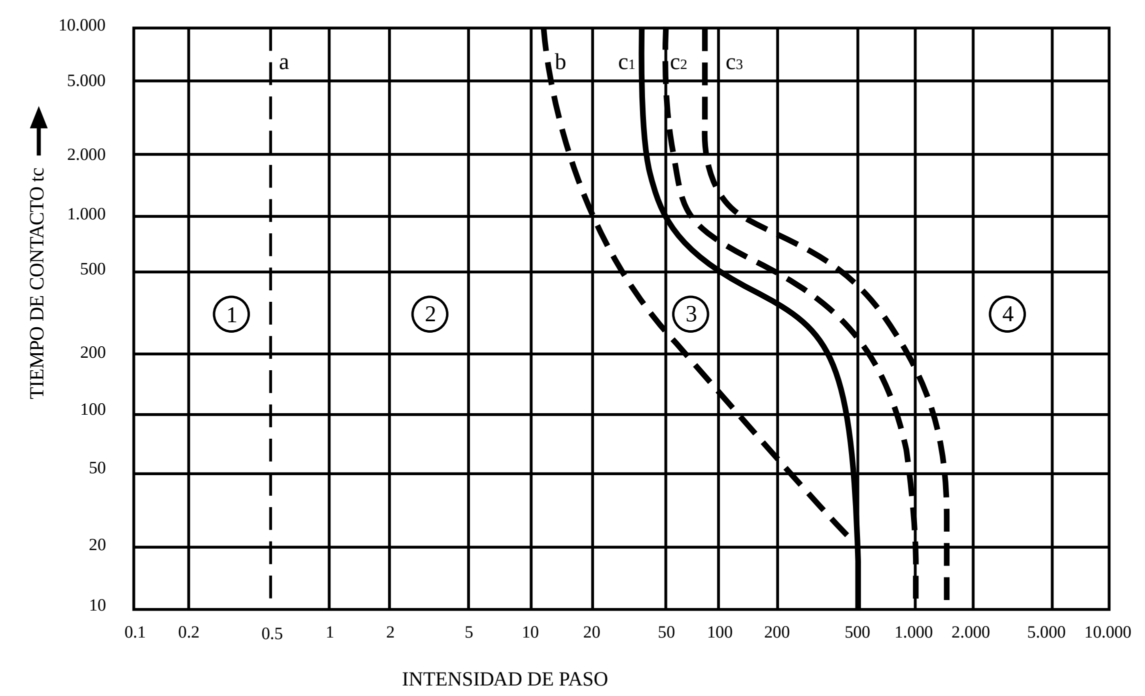


Figura 17-4: PROBABILIDAD DE APARICIÓN DE DISTINTOS EFECTOS AL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA POR EL ORGANISMO

A modo orientativo, en la siguiente tabla se proporcionan los valores de la intensidad en relación con sus posibles efectos fisiológicos sobre el organismo:

INTENSIDAD (miliAmperios)		
Corriente continua	**Corriente alterna**	**Efecto fisiológico**
1	0,4	- Ninguna sensación (Zona 1)
5,2	1,1	- Umbral de percepción (Zona 2)
76	16	- Umbral de intensidad límite
90	23	- Contracción muscular-tetanización muscular (choque doloroso y grave) (Zona 3)
200	50	- Principio de fibrilación ventricular (Zona 4 c_1)
1300	1000	- Mayor probabilidad de fibrilación ventricular (Zona 4 c_2)
500	100	- ” (Zona 4 c_3)

Taba 17-8: RELACIÓN INTENSIDAD-EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA COORTIENTE ELÉCTRICA

Resistencia eléctrica del cuerpo humano

En un accidente por contacto eléctrico, la intensidad de la corriente eléctrica que atraviesa el organismo -para una tensión establecida-, depende de la resistencia que éste ofrezca a su paso. A mayor resistencia del cuerpo humano menor intensidad, y en consecuencia menor gravedad del posible accidente.

La resistencia del cuerpo humano depende de multitud de factores; entre los más importantes cabe destacar el grado de humedad de la piel, la superficie de contacto, la tensión aplicada y la dureza de la epidermis. En la tabla 17-9 se puede apreciar la variación de la resistencia eléctrica del cuerpo humano según la tensión y los diferentes estados de la piel.

	A 50 voltios	A 220 voltios	A 300 voltios
PIEL SECA	4200 Ω	1800 Ω	1200 Ω
PIEL HUMEDA	2100 Ω	1100 Ω	900 Ω
PIEL MOJADA	900 Ω	700 Ω	650 Ω
PIEL SUMERGIDA	450 Ω	300 Ω	280 Ω

Tabla 17-9: FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA DEL CUERPO AL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Además, la resistencia al paso de corriente del cuerpo humano puede aumentarse hasta niveles muy altos, simplemente con la utilización de herramientas y equipos de protección individual adecuados (guantes aislantes, herramienta aislada, etc.)

Tipos de contactos eléctricos y medidas de protección

Los contactos eléctricos se producen cuando la persona entra en contacto con la corriente eléctrica. Los contactos eléctricos pueden ser de dos tipos:

- **Contacto directo:** contacto de la persona con partes o elementos activos de la instalación (conductores, elementos conductores en servicio normal, etc.)
- **Contacto indirecto:** contacto de la persona con masas puestas accidentalmente en tensión (carcasas de herramientas, electrodomésticos, etc.)

Tal y como establece el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, las medidas de protección contra **contactos eléctricos directos**, que protegen a las personas frente al contacto con las partes activas de la instalación o equipo eléctrico, son las siguientes:

- Separación de elementos activos (distancias de seguridad)
- Interposición de obstáculos o barreras
- Recubrimiento o aislamiento de las partes activas

Las medidas de protección contra **contactos eléctricos indirectos**, se dividen en dos tipos:

Sistemas de protección clase A

Son aquellos que evitan el contacto eléctrico impidiendo que se produzca el contacto o hacen que este no suponga peligro.

- Separación de circuitos
- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad (24 V. locales húmedos, 50 V. locales secos)
- Doble aislamiento
- Inaccesibilidad simultánea entre partes conductoras y masas
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales

Sistemas de protección clase B

Son aquellos que no evitan el contacto eléctrico pero hacen desconectar el circuito si en éste aparecen intensidades peligrosas para la persona.

• Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto
• Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
• Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto

Tipos de trabajos que pueden realizarse sobre instalaciones eléctricas

Básicamente, sin tener en cuenta el nivel de formación de los trabajadores que lo realizan, los tipos de trabajo que pueden realizarse en las instalaciones eléctricas, pueden ser de tres tipos:

• *Trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas:*

Este tipo de trabajo se realiza sin actuar directamente sobre instalaciones o equipos eléctricos en tensión, pero si en su proximidad (trabajos de grúas, pintura, tala y poda de arbolado, proximidad de líneas, armarios eléctricos, etc.), pudiéndose ver afectados los trabajadores que lo ejecuten del riesgo asociado a dichas instalaciones

• *Trabajos en descargo*

Son trabajos que se realizan directamente sobre instalaciones eléctricas (líneas, transformadores, etc.) estando éstas sin tensión. Para poder desarrollar el trabajo es necesario realizar previamente el descargo de la instalación, mediante un procedimiento específico (5 Reglas de Oro).

• ***Trabajos en tensión***

Este tipo de trabajo se lleva a cabo actuando directamente sobre las instalaciones eléctricas en tensión. Existen varios métodos de trabajo, que exigen seguir procedimientos muy específicos y una alta formación en el personal que lo ejecuta.

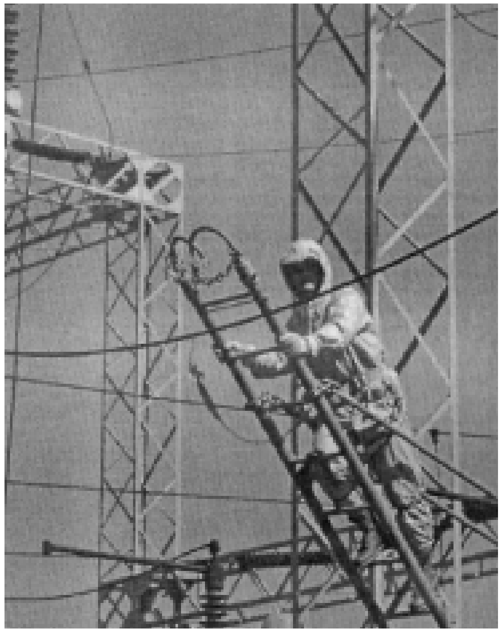


Figura 17-3

Las medidas de prevención asociadas a los riesgos existentes en estos tipos de trabajos son de carácter muy específico y no pueden ser objeto de este Manual.

Normas generales de seguridad

Con carácter general, se recogen a continuación las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta cuando se realicen trabajos con presencia del riesgo eléctrico:

• Antes de usar un aparato eléctrico, deberá asegurarse de su buen estado.
• Revise el estado de los conductores eléctricos y las clavijas de conexión, así como las bases de enchufe.
• No conecte aparatos directamente con los cables.
• No tire de los conductores eléctricos para proceder a la desconexión del aparato

- No deberán utilizarse aparatos eléctricos cuando las superficies de trabajo se encuentren mojadas o se encuentren en ambientes húmedos. Si deben utilizarse, deberán tomarse medidas de protección adicionales.
- En caso de que se detecte una avería, deberá procederse a cortan el suministro eléctrico mediante el diferencial o interruptor y avisar al personal competente
- Si deben reemplazarse los fusibles de una instalación, deberán sustituirse por otros de igual tipo e intensidad nominal, debiendo proceder con las adecuadas medidas de prevención y protección personal.
- Para realizar trabajos en las proximidades de líneas de distribución eléctrica deben de adoptarse medidas de seguridad complementarias para evitar cualquier contacto con dicha instalación.

INDUSTRIA METALÚRGICA

En la industria metalúrgica como en ninguna otra se dan todos los riesgos de origen mecánico (los asociados a máquinas, al uso de herramientas, a la manipulación de grandes cargas,...), una buena parte de riesgos higiénicos (ruido, sustancias químicas,...), y riesgos ergonómicos (trabajos repetitivos, posiciones inadecuadas, realización de esfuerzos,...).

Riesgos generales del trabajo con máquinas y medidas de seguridad

Las máquinas deben reunir unas determinadas condiciones de seguridad, que deben exigirse en todo momento, estando reguladas por el Real Decreto 1435/92 sobre condiciones de seguridad en las máquinas y por el Real Decreto 1215/97 de equipos de trabajo.

Según esta disposición, se entenderá por "**máquina**", un conjunto de piezas u órganos unidos entre sí, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, u otros, asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la transformación, tratamiento, desplazamiento y acondicionamiento de un material.

Los riesgos asociados al uso de máquinas, son:

- Atrapamientos
- Cortes
- Riesgo eléctrico (contacto eléctrico)
- Proyecciones
- Golpes
- Contactos térmicos
- Ruido

Las medidas de seguridad que pueden aplicarse a la utilización de máquinas por los trabajadores pueden dividirse en tres tipos: **medidas integradas en la propia máquina** (que afectan básicamente al diseño y fabricación de la máquina), **medidas de protección asociadas a la máquina** cuando el riesgo no puede ser reducido suficientemente **y medidas preventivas asociadas a la protección del trabajador.**

Medidas integradas en la máquina

Este tipo de medidas tienen su origen en el principio de integrar la seguridad en el diseño y fabricación de la máquina. El fabricante está obligado a analizar los riesgos que puede presentar su máquina, procediendo seguidamente a su diseño y fabricación tendiendo en cuenta el análisis efectuado.

En este sentido, el fabricante debe aplicar los siguientes principios:

- Eliminar o reducir los peligros en la medida de lo posible, integrando la seguridad en el diseño y fabricación de la máquina
- Adoptar las medidas de protección que sean necesarias frente a los peligros que no puedan eliminarse
- Informar a los usuarios de los riesgos residuales debido a la incompleta eficacia de las medidas de protección adoptadas, indicar si se requiere una formación especial y señalar si es necesario, un equipo de protección individual.

En concreto, algunos de los factores que deben ser considerados en el mismo diseño de la máquina para evitar los riesgos o para reducir la exposición a ellos, se resumen a continuación:

- Evitar superficies cortantes, aristas, etc.
- Disponer de mecanismos intrínsecamente seguros
- Disponer de órganos de accionamiento claramente visibles e identificables y poder ser maniobrados con seguridad
- Dispositivos de enclavamiento con acción mecánica positiva
- Respetar principios ergonómicos
- Puesta en marcha sólo mediante acción voluntaria
- Prever funcionamiento seguro tras fallo de la alimentación eléctrica o en el circuito de mando
- Dispositivos de parada normal en condiciones seguras y parada de emergencia para evitar situaciones peligrosas
- Condiciones de estabilidad

Medidas de protección

Estas medidas pueden considerarse como el segundo nivel de seguridad de las máquinas cuando el diseño y fabricación no hayan podido reducir los riesgos inherentes a la misma.

Pueden dividirse en dos tipos: resguardos y dispositivos de protección.

Resguardos *Tipo de protección que impide el acceso a partes de la máquina con riesgo. Características:*

- *Fabricación sólida y resistente*
- *No ocasionar peligros complementarios*
- *No deben ser fácilmente anulados*

Fijos: Deben estar fijados a la máquina y para su apertura debe ser imprescindible el uso de herramientas.

Se utilizan para proteger partes de la máquina a las que no es necesario acceder o a las que se accede muy ocasionalmente.

Móviles de enclavamiento: Resguardos asociados a un dispositivo de enclavamiento que impida que los elementos móviles empiecen a funcionar mientras se pueda acceder a dichos elementos, provocando la parada cuando se mueva el resguardo y deje acceder a puntos peligrosos.
Se utilizan cuando haya que acceder con cierta frecuencia a partes de la máquina con riesgo.

Regulables: Deberá ser imposible que los elementos móviles empiecen a funcionar mientras el trabajador pueda entrar en contacto con ellos.
Para su regulación se precisará una acción voluntaria mediante herramientas, llaves, etc.
Deberán poderse regular manualmente o automáticamente según el tipo de trabajo que vaya a realizarse.
Se utilizarán cuando deba trabajarse en la zona de peligro de la máquina.

Dispositivos de protección: Dispositivos que impiden que se inicie o se mantenga una fase peligrosa de la máquina, mientras se detecta o sea posible la presencia del trabajador en la zona de riesgo.

De detección de presencia: Diseñados para evitar la aproximación a las partes peligrosas más allá de un limite de seguridad preestablecido, interrumpiendo el funcionamiento de la máquina. Pueden ser:

- Detector mecánico
- Detector fotoeléctrico
- Tarima sensible a presión
- Barrera de aire

De control de doble mando: Son aquellos en los que se requieran ambas manos para iniciar el movimiento de la máquina

Mecánicos de sujeción: Son aquellos que evitan físicamente que cualquier parte del cuerpo alcance zonas de riesgo de la máquina (barreras fijas)

Medidas preventivas asociadas a la protección del propio trabajador

Cuando el riesgo no se pueda reducir de forma razonable mediante la utilización de las medidas anteriores, deberán tomarse medidas adicionales como son:

- Utilizar equipos de protección individual adecuados (gafas, guantes, etc.)
- Disponer de manuales o normas de trabajo que indiquen la secuencia correcta de las operaciones a realizar para reducir el riesgo al máximo
- Para llevar a cabo trabajos de reparación, mantenimiento o limpieza en las máquinas o sistemas de especial peligrosidad deben seguirse, antes de realizarlo, las siguientes operaciones (descargo o consignación de la máquina):

  1.- Desactivar todas las fuentes de energía
  2.- Bloquear los elementos de mando
  3.- Comprobar que no existe energía residual en la máquina

4.- Delimitar el área de trabajo
5.- Señalizar que la máquina se encuentra en estado de descargo

- Seguir siempre las instrucciones del fabricante

Riesgos asociados a distintos equipos de trabajo (máquinas y herramientas) y normas de seguridad

Equipos de elevación y transporte de cargas. Almacenamientos

En la mayoría de actividades es necesario el movimiento de materiales para llevar a cabo los procesos productivos habituales. Las tres fases básicas del movimiento de materiales -exceptuada la manipulación manual de cargas-, son el levantamiento, el transporte y la descarga, utilizándose en cada una de ellas diversos equipos mecánicos que generan por si mismos o por su utilización determinados riesgos laborales, que es preciso conocer.

Con carácter general, puede indicarse que los riesgos que conllevan la utilización de estos equipos son:

- Atrapamientos
- Caídas de objetos
- Caídas de personas a distinto nivel
- Choques y golpes
- Proyecciones
- Carga física

Estos equipos de levantamiento de cargas deben estar construidos y diseñados de manera que puedan ser utilizados siempre en condiciones de seguridad aceptables, debiendo disponer de dispositivos de seguridad que no deben ser desactivados, además de ser necesario su inspección y control periódico.

En la tabla 17-10 se recogen las condiciones de seguridad generales que deben cumplir estos equipos y elementos auxiliares, extraídas del Reglamento de Aparatos Elevadores.

Las normas generales que deben tenerse en cuenta en los trabajos que conlleven la utilización de equipos de elevación para la manipulación mecánica de las cargas son:

- Es recomendable comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio de las actividades diarias
- Se evitarán los arranques y paradas bruscas de los aparatos de elevación. Los movimientos de las cargas deben ser movimientos controlados.
- Siempre que sea posible la elevación y descenso de las cargas se hará en sentido vertical a fin de evitar el balanceo.
- Se evitará levantar y trasladar la carga por encima de personas y puestos de trabajo.
- Se evitará mantener cargas suspendidas durante largos periodos de tiempo.
- En el traslado de cargas, la visibilidad debe estar siempre asegurada
- Debe comprobarse, antes de izar cualquier carga, que ésta se encuentra bien asegurada y que las conexiones y empalmes se realizan con medios apropiados.
- Los cables y eslingas deben trabajar siempre en posición y ángulos adecuados (el ángulo de las eslingas no debe ser inferior al 45%).

Aparatos/Elementos auxiliares	Requisitos generales
Grúas	Los elementos de la grúa deben tener la resistencia adecuada en función de las condiciones más desfavorables de empleo y de su carga máxima nominal No superar carga máxima establecida Disponer de contrapesos fijos y no fácilmente modificables según la carga a soportar Factor de seguridad (4) (Resistencia holgadamente suficiente) Visibilidad del maquinistaRevisión periódica
Aparejos	Factor de seguridad (10) Uso de cables de acero No superar carga máxima establecida Revisión periódica de todos los elementos (bloques de polea, cables, etc.)
Cables	Diseño, construcción y tamaño adecuados al trabajo a desarrollar Factor de seguridad como mínimo (6) No deben deslizar sobre superficies que puedan originar desgastes, cortes, etc. Libres de nudos, torceduras y otros defectos Eliminar los cables con el 10% de los hilos rotos Revisión periódica
Cuerdas	Factor de seguridad (10) No deben deslizar sobre superficies que puedan originar desgastes, cortes, etc. Eliminar cuerdas deterioradasRevisión periódica
Elementos de sujeción de cables	Los ajustes de los ojales y lazos para los ganchos, anillos y argollas, deben estar provistos de guardacabos resistentes Revisión periódica
Ganchos	De acero o hierro forjado Equipados con pestillo u otros dispositivos de seguridad para evitar el desplazamiento de la carga Medición abertura (distancia vastago-extremo abierto inferior al 15% inicial) Revisión periódica
Sujeción de cargas: eslingas	Factor de seguridad como mínimo (5)/ Si riesgo alto para las personas (8) No superar carga máxima Eliminar eslingas deterioradas o presenten signos de desgaste Revisión periódica

Tabla 17-10: CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD DE EQUIPOS ELEVADORES Y ELEMENTOS AUXILIARES

- En la proximidad de líneas eléctricas aéreas o en trabajos en instalaciones eléctricas, deben extremarse las precauciones, manteniendo las distancias de seguridad establecidas (3, 5 y 7 metros según el nivel de tensión),

- Debe revisarse periódicamente que el equipo y elementos eléctricos de los aparatos elevadores no presentan deficiencias.
- Debe revisarse periódicamente el conjunto de elementos de los aparatos elevadores.

Aparatos móviles para el transporte de cargas

Los aparatos móviles para el transporte de cargas deben estar diseñados de manera que puedan ser utilizados siempre en condiciones de seguridad aceptables. Para garantizar el mantenimiento de estas condiciones de seguridad, es necesaria su inspección y control periódico.

En la tabla 17-11 se recogen las condiciones de seguridad generales que deben cumplir estos aparatos:

Aparatos móviles de transporte	Requisitos generales
Carretillas elevadoras	Disponer de pórtico de seguridad para proteger al conductor de la caída de objetos y cargas y placa porta-horquillas. Disponer de frenos de pie y mano eficientes Disponer de avisador acústico Revisión periódica Buena visibilidad del conductor Capacitación física y técnica del conductor
Cintas transportadoras	Protección de la cinta en todo su recorrido, si existe riesgo de caída de material No se podrá realizar ningún tipo de mantenimiento, por pequeño que sea, con la máquina en movimiento Protección de órganos en movimiento mediante resguardos adecuados

Tabla 17-11: CONDICIONES DE SEGURIDAD QUE DEBEN REUNIR LOS APARATOS MÓVILES PARA EL TRANSPORTE DE CARGAS

Herramientas manuales y herramientas portátiles

Muchos de los accidentes de trabajo que se producen en los lugares de trabajo, están originados por el uso inadecuado o mal estado de las herramientas de trabajo, bien sean herramientas manuales o herramientas accionadas eléctricamente o a presión, denominadas habitualmente éstas últimas como herramientas portátiles.

Herramientas manuales (de accionamiento manual)

En la actualidad, estos útiles de trabajo siguen empleándose abundantemente para llevar a cabo infinidad de tareas y operaciones que sólo pueden realizarse manualmente. A pesar de ello, a estos elementos de trabajo no se les presta demasiada atención, siendo el origen de numerosos accidentes, y en un número mayor de lo que pudiera pensarse, causan consecuencias graves. Las causas que producen habitualmente este tipo de accidentes son: utilización de herramientas de poca calidad o defectuosas (falta de mantenimiento), un mal uso de las mismas y una inadecuación entre la tarea a realizar y la herramienta utilizada.

Los riesgos asociados al uso de las herramientas manuales son:

- Golpes
- Cortes
- Atrapamientos
- Proyecciones

Con carácter general, para reducir el riesgo de que se produzcan accidentes de trabajo por el uso de herramientas manuales, deben tenerse en cuenta, entre otras, las siguientes normas generales:

- Utilizar siempre la herramienta manual adecuada al trabajo a realizar. Para elegir la herramienta manual adecuada, deberá tenerse en cuenta además, el entorno donde se va a realizar el trabajo: presencia de electricidad, atmósferas explosivas, etc.
- Si se utilizan herramientas manuales en la proximidad de equipos que contengan partes móviles u órganos de máquinas en movimiento, deberán extremarse las precauciones al usarlas y sobre todo no depositarlas, aunque sea momentáneamente, en sus cercanías.
- Las herramientas manuales deberán conservarse en buenas condiciones de uso y su transporte o desplazamiento deberá realizarse de forma segura, en particular protegiendo los filos o puntas de las mismas.
- Las herramientas manuales deberán almacenarse en lugares apropiados y destinados para ello.
- Para evitar accidentes propios o accidentes a terceras personas, según el tipo de herramienta manual utilizada, deberá utilizarse los equipos de protección colectiva e individual apropiados.

En la siguiente tabla se recogen diferentes medidas de seguridad específicas para las herramientas manuales de uso más común:

Martillos	Mango resistente, adaptable a la mano y sujeto-encajado firmemente a la cabeza. Sin rebabas en la cabeza.
Cinceles	Filo correctamente afilado (ángulo de corte según el material a trabajar). Uso de gafas contra impactos, pantallas de protección contra proyecciones, guantes de protección mecánica y protectores de goma para evitar golpes en manos.
Destornilladores	Adecuación perfil-ranura de tornillos. Mango resistente, en buen estado y de longitud adecuada al trabajo a ejecutar. No sujetar la pieza con la palma de la mano cuando sobre ella se va a atornillar-desatornilllar. Para trabajos eléctricos deben utilizarse destornilladores aislados No son perforadores ni cinceles.
Llaves	La quijada de la llave debe adaptarse perfectamente a la cabeza. Colocar siempre en posición perpendicular al eje de la cabeza.

	Para llaves inglesas, la mandíbula fija debe encontrarse en el lado opuesto a la dirección del giro. Para trabajos eléctricos deben utilizarse llaves aisladas. No colocar prolongaciones tipo tubo en el mango de las llaves.
Sierras	Adecuación tipo de sierra-material. La pieza a serrar deberá estar bien sujeta o no moverse. Bien afilada. Comenzar el corte, moviendo la sierra hacia sí. Usar fundas para su almacenamiento.
Limas	Ajustar la lima al mango y no el mango a la lima. La lima debe estar bien ajustada (introducida lo suficiente) al mango. Limpias de limaduras y grasa.
Alicates	Mandíbulas limpias y afiladas. Prever proyecciones de material al usarlos para cortar. Para trabajos eléctricos deben utilizarse alicates aislados.
Cuchillos	Utilizar fundas para su transporte. No utilizar cuchillos, navajas, etc. de "fabricación casera". Utilizar cuchillos adecuados al trabajo a efectuar. Mango que impida resbalar a la mano. Para trabajos eléctricos deben utilizarse cuchillos aislados.

Herramientas portátiles (de accionamiento mecánico)

Además de los riesgos asociados en general al uso de herramientas, las herramientas portátiles de accionamiento mecánico llevan asociados los riesgos de su forma de accionamiento (eléctrico, aire comprimido, etc.).

a) Accionadas eléctricamente

Las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta para reducir el riesgo de que se produzcan accidentes de trabajo al manipular las herramientas portátiles accionadas eléctricamente son, entre otras, las siguientes:

- antes de la puesta en marcha de la máquina deberá comprobarse el buen estado de las conexiones eléctricas y de las mangueras eléctricas
- la desconexión nunca se hará mediante un tirón brusco
- deberá desconectarse la herramienta para cambiar de elemento auxiliar
- se comprobará que los accesorios (broca, sierra, disco, etc.) son los adecuados al trabajo a desarrollar
- los resguardos, si la máquina dispone de ellos, deberán estar siempre colocados
- si se trabaja en locales húmedos deberán adoptarse medidas para prevenir el riesgo eléctrico (transformadores de seguridad, guantes aislantes, etc.)
- en locales muy conductores se utilizaran tensiones de alimentación de 24 voltios
- deberá utilizarse los equipos de protección individual adecuados

b) Accionadas neumáticamente

Las normas de seguridad que deben tenerse en cuenta para reducir el riesgo de que se produzcan accidentes de trabajo al manipular las herramientas portátiles accionadas neumáticamente son, entre otras, las siguientes:

- antes de la puesta en marcha deberá comprobarse la estanqueidad del circuito
- no deberá modificarse la regulación de las válvulas de seguridad o descarga para conseguir mayor presión de trabajo
- si se dispone de aire comprimido, no usarlo para operaciones de limpieza
- revisar periódicamente la instalación y siempre antes de iniciar el trabajo

c) Accionadas por combustión

Las normas de seguridad de carácter general que deben tenerse en cuenta para reducir el riesgo de que se produzcan accidentes de trabajo al manipular las herramientas accionadas por combustión son, entre otras, las siguientes:

- El combustible utilizado generalmente es explosivo e inflamable. Deberán extremarse las precauciones al realizar las operaciones de carga, llevándolas a cabo en locales bien ventilados y manteniéndose alejado de fuentes de calor o de generación de chispas.

- Este tipo de herramientas deben utilizarse en áreas bien ventiladas por la posible generación de monóxido de carbono, gas muy peligroso.

- Ciertos elementos de este tipo de herramientas son susceptibles de alcanzar altas temperaturas existiendo el riesgo de producir quemaduras y pudiéndose perder en ese momento el control de la herramienta.

- Debe tenerse especial cuidado en su manipulación por disponer de elementos móviles y cuchillas accesibles.

INDUSTRÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

De todos es conocido que el sector de la construcción es uno de los sectores con mayores índices de siniestralidad, que viene dada por su particular idiosincrasia, tanto desde el punto organizativo (gran número de empresas en un centro de trabajo, mucha movilidad de puestos de trabajo, interferencias de varias empresas en un puesto de trabajo, etc.), como desde el punto de vista del personal (poca formación de los trabajadores en materia de prevención de riesgos, excesiva rapidez para la ejecución de trabajos -trabajos a destajo o a precio fijo-, contratos de trabajo por periodos muy cortos, etc.).

Las medidas de prevención de riesgos que deben ser aplicadas en las obras de construcción vienen marcadas por el entorno físico de la obra. La variabilidad del mismo hace que deban adaptarse continuamente a la fase de la obra para mantener su eficacia.

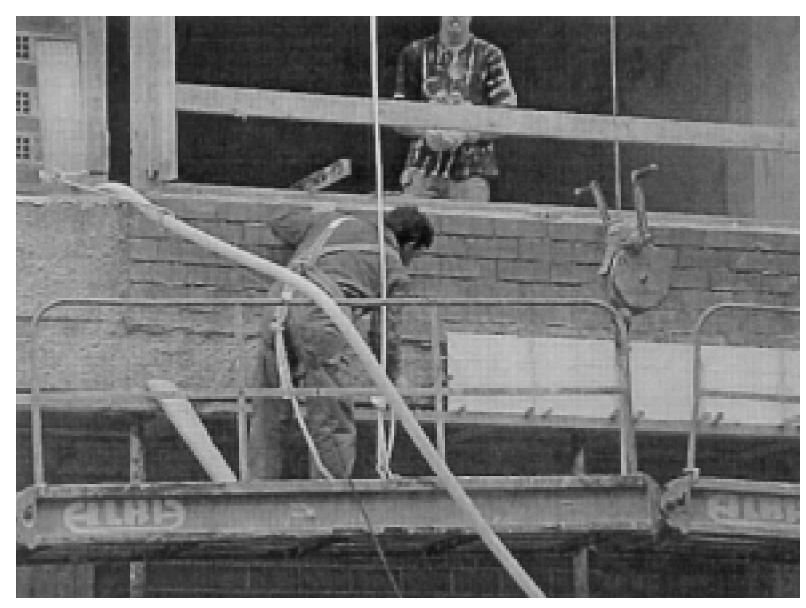


Figura 17-5

Legislación de aplicación

El Real Decreto 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para las obras de construcción, es de aplicación para **todas las obras de construcción en el territorio español**, exceptuando a las industrias extractivas a cielo abierto o subterráneas o por sondeos, que disponen de normativa especifica.

Esta nueva norma amplia el número de obras donde existe la obligatoriedad de Estudios de Seguridad y Salud y establece la inclusión de Estudios Básicos de Seguridad y Salud en obras de menor entidad. Así mismo se crea la figura del Coordinador de Seguridad y Salud tanto en proyecto como durante la ejecución.

a) ¿Qué se entiende por obra de construcción u obra?.

Es cualquier obra pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería, esto es desde tareas de derribos, movimientos de tierras, mantenimiento, reparaciones, rehabilitación, instalaciones, conservación saneamiento, las propias de construcción, etc.

b) ¿Qué personas, físicas o jurídicas, intervienen en este Real Decreto?

Además de los trabajadores por cuenta ajena, protagonistas en todas las disposiciones referentes en seguridad y salud, el R.D. define al **promotor**, persona física o jurídica por cuenta de la cual se realiza la obra. Esté encargará a los **proyectistas**, la totalidad o parte del proyecto y designará a un Técnico competente la coordinación de los principios generales de seguridad en la fase de proyecto o durante la ejecución de la obra (**coordinador en materia de seguridad y salud**) y designará al Técnico o Técnicos competentes encargados de la dirección y control de la ejecución de la obra (**dirección facultativa**).

c) ¿Cuándo es necesario designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud?

• En la elaboración del proyecto: Cuando intervengan varios proyectistas.

• Durante la ejecución de la obra: Cuando intervengan más de una empresa o una empresa y trabajadores autónomos.

La designación de Coordinador tanto en fase de proyecto como en ejecución podrá recaer sobre la misma persona.

La designación de Coordinadores **NO** exime al promotor de sus responsabilidades.

d) ¿Cuándo es obligado el Estudio de Seguridad y Salud?

Siempre que se dé una de estas condiciones, el promotor estará obligado que en la fase de proyecto se elabore un Estudio de Seguridad y Salud

- El presupuesto de ejecución sea superior a 75 millones de pesetas. En este presupuesto debe incluirse el impuesto del valor añadido (I.V.A.), el beneficio industrial y los gastos generales, lo cual supone un presupuesto de ejecución "neto" de unos 54 millones aproximadamente.

- La duración estimada sea superior a 30 días laborables y se empleen, en algún momento, más de 20 trabajadores simultáneamente.

- El volumen de mano de obra estimada sea superior a 500 "jornales" (días de trabajo del total de trabajadores).

- En obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

e) ¿Cuándo se debe elaborar un Estudio Básico de Seguridad y Salud?

Siempre que no sea obligado el Estudio de Seguridad y Salud, el promotor estará obligado, en la fase de proyecto, a encargar la elaboración del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

f) ¿Quién elabora el Estudio de Seguridad y Salud y cual es su contenido?

Lo elabora el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto de obra. El Estudio de Seguridad y Salud formará parte del proyecto de ejecución de la obra.

El Estudio contendrá, como mínimo:

- Memoria Descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares, identificación de riesgos y sus medidas técnicas para evitarlos, riesgos no evitables y sus medidas de control y reducción. Asimismo se realizará una descripción de los servicios sanitarios y comunes de al obra.
- Pliego de condiciones particulares, donde se indiquen las normas legales y reglamentarias aplicables y las prescripciones de obligado cumplimiento para esta obra.
- Planos y detalles para una mejor definición y comprensión de las medidas preventivas.

- Mediciones y presupuesto de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud definidos o proyectados. El presupuesto deberá hacer referencia al cuadro de precios sobre el que se calcula y solo figurarán partidas alzadas en elementos u operaciones de difícil cualificación.

g) ¿Quién elabora el Estudio básico de Seguridad y Salud y cual es su contenido?

Deberá realizarlo un técnico competente designado por el promotor o el Coordinador de Seguridad durante la elaboración de proyecto, si es obligada esta figura, según lo indicado en el apartado 3.º.

Deberá precisar las Normas de Seguridad y Salud aplicables, con su correspondiente identificación de riesgos, las medidas técnicas para evitarlos, especificando las medidas preventivas y protecciones, valorando su eficacia cuando se traten de medidas alternativas.

h) ¿Quién elabora el Plan de Seguridad y Salud y cual es su contenido?

El Plan de Seguridad y Salud lo elabora cada contratista, en aplicación del Estudio de Seguridad y Salud o en su caso el estudio básico. En él se estudiará, analizará, desarrollará y complementará el Estudio, en función del sistema constructivo propio del contratista.

En el Plan se podrán dar propuestas alternativas, justificándolas técnicamente y sin que impliquen disminución de los niveles de protección previstos e incluirá valoración económica que no podrá implicar disminución del importe total. Deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador de Seguridad y Salud.

EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD CONSTITUYE EL INSTRUMENTO BÁSICO DE ORDENACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE IDENTIFICACIÓN Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA.

El Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de quienes intervengan en la ejecución de la obra, personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención de riesgos y los representantes de los trabajadores, quienes podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que estimen oportunas.

i) ¿Cuáles son las obligaciones de los contratistas y subcontratistas?

- Aplicar los principios de la acción preventiva.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos.
- Informar e informar a los trabajadores autónomos sobre medidas preventivas
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador de seguridad y salud.
- Los contratistas y subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan de seguridad e salud.

- Las responsabilidades de los Coordinadores, de la Dirección Facultativa y del Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los Contratistas y Subcontratistas.

j) ¿Qué es el libro de incidencias y quien puede realizar anotaciones?

Es un libro con HOJAS POR DUPLICADO que sirve PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PLAN de Seguridad y Salud, que será proporcionado por el Colegio Profesional del Técnico que haya aprobado el Plan. o por la Oficina de Supervisión de Proyectos, si se trata de obras de la Administración.

Este libro estará siempre en obra, en poder del Coordinador o de la Dirección Facultativa (si no existe Coordinador). PODRÁN REALIZAR ANOTACIONES la *Dirección Facultativa*, los *contratistas*, los *subcontratistas*, las *personas u órganos responsables en materia de prevención* de las empresas que intervienen en la obra, *los representantes de los trabajadores y Técnicos de las Administraciones* públicas competentes. Cuando se efectúen anotaciones, el Coordinador deberá remitir una copia a Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia, en plazo máximo de 24 horas, notificar las anotaciones a los contratistas afectados y sus representantes de los trabajadores.

k) Formación, consulta y participación de los trabajadores.

- Los contratistas y subcontratistas deberán GARANTIZAR que los trabajadores reciban FORMACIÓN E INFORMACIÓN adecuada de todas las medidas que deban adoptarse.
- A efectos de consulta y participación de los trabajadores e independientemente de lo dispuesto en el artículo 18 de la Ley 31/95, el contratista entregará una copia del plan de seguridad y salud a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

Riesgos en la construcción

En la actividad de construcción se dan prácticamente todos los riesgos presentes en las actividades industriales en función de los trabajos que se realicen. Por ello y como referencia se dará una lista de riesgos y las diversas situaciones que los provocan.

En los Estudios y Planes de Seguridad y Salud de las obras de construcción se emplea el esquema contrario: se citan las operaciones que se realizan y los riesgos que plantea cada una.

Golpes, cortes con objetos

Este riesgo está presente en todas las fases de una obra: desde la demolición hasta los acabados o instalaciones.

Se encuentra presente además en todas sus variantes:

- Contra objetos inmóviles, en acopios de materiales de diferentes tamaños, nuevos y cascotes, por acceso a zonas con poco espacio. Teniendo afectada cualquier parte del cuerpo.

- Contra objetos móviles, en la manipulación manual y mecánica de cargas.
- Por el uso de herramientas portátiles, sean de accionamiento manual o accionamiento mecánico. Las partes principales afectadas suelen ser aquí las extremidades superiores.
- En la utilización de maquinaria diversa de obra: sierras circulares, hormigoneras, montacargas,…

Pisadas sobre objetos

Este riesgo se da en casi todas las fases de la obra exceptuando algunas de acabados e instalaciones, que se realizan con los solados colocados.

Las causas principales son:

- La falta de orden y limpieza: presencia de cascotes en demoliciones, trozos de madera y clavos en la realización de estructuras de hormigón, o recortes de hierro y caldo frío de soldadura en estructuras metálicas.
- La irregularidad de los suelos en todas las fases de la obra hasta la colocación de los solados definitivos
- Discontinuidades en plataformas de trabajo.

Caídas al mismo nivel

Éste está relacionado con los dos anteriores. Su principal factor causante es la falta de orden y limpieza en las zonas de trabajo y de paso así como la falta de regularidad en las superficies por donde los trabajadores se mueven.

En un principio, la severidad de daño no se considera elevada en ninguno de los tres casos. Sin embargo es preocupante la frecuencia con la que se repiten, lo que viene a repercutir en lentos deterioros de salud y en elevado número de horas perdidas.

Caídas a distinto nivel

No es éste, afortunadamente, un tipo de accidente con una frecuencia relativa muy elevada, pero si causa una elevada conciencia de riesgo porque sus consecuencias son siempre previsiblemente graves.

Se da en la mayor parte de las fases de una obra cuando no existe una protección adecuada. Se debe hacer especial hincapié en el mismo porque se trata de un accidente claramente evitable. Es inevitable la realización de trabajos en altura en una obra de construcción, pero es siempre evitable el riesgo de caída. Para cada fase de obra existen protecciones colectivas adecuadas que los encargados de obra están obligados a utilizar. Y cuando éstas puedan resultar insuficientes será necesario utilizar medidas de protección individual: el cinturón de seguridad de tipo arnés.

Como ejemplo, un caso particular de la fase de instalaciones: la colocación de antenas en el tejado. Suele realizarse en el estadio final de la obra y habitualmente, en ese momento ya se han quitado las protecciones colectivas que se utilizaron para la realización y acabados de la cubierta. El resultado es que los "antenistas", suelen tener

accesos sumamente complicados, espacios de trabajo pequeños y verse obligados a emplear equipos de protección individual si quieren estar efectivamente protegidos contra el riesgo de caída.

Caídas de objetos

Este riesgo se da también en casi todas las fases de una obra. Solo en aquellas tareas que se realizan bajo techado y con todos los huecos cubiertos están exentas de él.

Se da por el contrario en todas las tareas en las que existe una manipulación manual o mecánica de cargas, y en todas las realizadas en espacios en los que hay otras personas u otras tareas que se realizan a un nivel más alto.

Otro motivo de caída de objetos es por desplome o por derrumbamiento, peligro más latente en las fases de demolición o reestructuración de viejos edificios.

Aquí, las consecuencias pueden ser muy diversas, pues se pueden considerar:

- Caídas de pequeños objetos que se manipulan manualmente y que suelen causar daños en las extremidades superiores e inferiores.
- Caídas de materiales pesados, ya sea por derrumbe o por manejo de cargas con maquinaria de elevación (grúas, cabrestantes, etc.), cuyas consecuencias pueden ser muy graves.
- Caída de materiales desde mucha altura, con lo que no hacen falta grandes pesos para que las consecuencias sean graves.

En cualquier caso, se trata de un riesgo evitable en la mayoría de las ocasiones:

- Mediante medios de protección colectiva: colocación de marquesinas en zonas de paso.
- Formación y medidas de tipo organizativo: delimitar zonas de carga y descarga, que el gruista no pase con la carga por encima de las personas, cuidando que los elementos de elevación de cargas estén en adecuadas condiciones (eslingas, estrobos, grilletes, etc.), utilizando jaulas para la elevación de materiales sueltos (palés de ladrillos, paquetes de tablones,...)
- Cuando las cargas son pequeñas, son eficaces loe Equipos de Protección Individual, el casco, el calzado de seguridad, y los guantes de protección mecánica.

Atrapamientos

Es otro de los riesgos comunes a todas las tareas que se dan en una obra de construcción, puesto que pueden suceder por los motivos más variados: manipulación manual de cargas, manutención mecánica, empleo de herramientas portátiles, tanto de accionamiento manual como de accionamiento mecánico, empleo de máquinas herramienta,… Y estás son tareas que se realizan en cualquier lugar y en cualquier momento.

Lógicamente, pueden tener consecuencias graves aquellos que se producen cuando se manejan fuerzas que sobrepasan la resistencia de las personas:

- Manipulación de cargas con equipos de elevación.
- Producidos por derrumbe de alguna parte de un edificio.
- Manejo de máquinas herramienta.

Las medidas preventivas son variables en función de lo que pueda producir dichos atrapamientos:

- Manejando aparatos para elevación y transporte de cargas: realizar correctamente los estrobados y no sujetar las eslingas en el izado, utilizar elementos como cuerdas u otros cuando hay que dirigir una carga suspendida. No situarse nunca debajo de una carga suspendida, si se colabora en el transporte de una carga: estar siempre visible por la persona que manipula el aparato de elevación.
- Reforzando las estructuras que durante la ejecución de la obra puedan colapsarse: entibación de zanjas, apuntalamiento de paredes, fachadas y elementos estructurales.
- En el manejo de máquinas herramienta: adaptación de las máquinas al RD 1215/97 y en cualquier caso, utilización de ropa ceñida y abrochada y no utilización de anillos, cadenas, pulseras, relojes u otros elementos que arrastrarían al resto del cuerpo en caso de ser cogidos.

Contra los pequeños atrapamientos, que suelen ser son más frecuentes son útiles los Equipos de Protección Individual: casco, guantes y calzado.

Quemaduras /contactos térmicos

Este es un riesgo que se encuentra presente sobre todo en tareas de soldadura y cuando se manipula cal que se mezcla con agua. Las tareas de soldadura sólo están presentes en la fase de estructuras, metálicas y de hormigón (en menor grado) y en la de instalaciones, donde se realizan soldaduras en las conducciones de agua, calefacción, gas, ascensor (en algunos casos) y en algunos acabados que se realicen a medida.

Las precauciones básicas son:

- Manipulación de piezas calientes con equipos adecuados (tenazas o pinzas).
- Utilización de equipos de protección individual (guantes, mandil)

Contactos eléctricos directos

Este es un riesgo que se materializa en pocas ocasiones pero casi siempre con consecuencias graves.

Es uno de los riesgos claramente evitables. De hecho, las únicas personas que deberían estar sometidos a él son los que realizan manipulación de instalaciones en tensión. Y estos, a su vez deberían tomar precauciones especiales para efectuar dichos trabajos.

Por desgracia, la realidad es que, en algunas obras, la instalación eléctrica no se encuentra en las condiciones adecuadas y entonces muchas personas se encuentran sometidas a este riesgo, a veces sin conocerlo.

La manera de evitar contactos eléctricos directos es tener la instalación en las debidas condiciones:

- Un cuadro eléctrico general con protección magnetotérmica y diferencial convenientemente probada y regulada, y cuadros parciales de conexión en cada planta o zona con el mismo tipo de protección.
- Una toma de tierra con el valor adecuado
- Una instalación en la que no haya partes activas al descubierto: cableado en condiciones y protegido de agresiones de tipo químico y mecánico, bases de enchufe en buen estado y normalizadas, acordes al estado de las clavijas de conexión del aparellaje a utilizar.
- Uso de tensión de seguridad (24 voltios) para la iluminación y para los aparatos que hayan de utilizarse en zonas húmedas.
- Adecuado mantenimiento de todas las herramientas eléctricas (cables, clavijas, carcasas).

Para que los que manipulan instalaciones en tensión realicen sus tareas con seguridad, se les exige: formación teórico-práctica en el método de trabajo en contacto (empleado para trabajar en tensión en baja tensión), el empleo de herramientas aisladas y material normalizado de aislamiento (protecciones colectivas y equipos de protección individual) y el seguimiento de unos procedimientos de trabajo que garanticen que no se realizarán las tareas de cualquier forma.

Contactos eléctricos indirectos

Este caso es distinto del anterior. A este riesgo se encuentran sometidos todos los que manejan algún tipo de herramienta eléctrica, incluso los que se encuentran trabajando sobre estructuras metálicas (andamios) si hay cables o maquinaria eléctrica que se encuentra en contacto con las mismas. Este riesgo se da, por tanto, en todas las fases de la obra.

Para prevenirlo, son válidas las medidas que se han dado en el punto anterior acerca de las instalaciones.

Es importante la concienciación por parte de los trabajadores y de los empresarios del hecho que muchos accidentes son provocados por herramientas eléctricas que se encuentran en estado defectuoso. Ante una herramienta en mal estado debe buscarse la reposición o reparación antes de continuar el trabajo.

Exposición a sustancias tóxicas/corrosivas

Este riesgo lo tienen en las obras de construcción aquellos trabajadores que se encuentran en contacto con cementos y hormigones, los que se encargan de tareas de pintura o manejan disolventes, y los que están realizando tareas de soldadura. Esta por tanto presente en casi todas las fases de una obra. Quizá sólo se libran del mismo los que realizan algunos tipos de instalación al final de la obra.

No suele aportar muchas lesiones graves en las obras de construcción (lo más frecuente son los casos de dermatosis), pero como accidente pueden darse casos de

intoxicaciones graves en la manipulación de disolventes o ciertas pinturas en lugares cerrados y también pueden considerarse en este apartado las asfixias provocadas por trabajos en recintos confinados en los que puede haber acumulaciones de gases o falta de oxígeno.

La prevención de la exposición por contacto se debe enfocar en primer lugar a programar los trabajos y los aportes de material de forma que el trabajador deba estar en contacto con las sustancias el menor tiempo posible, y en segundo lugar a la utilización de los equipos de protección personal adecuados para proteger este riesgo en cada tarea.

Existe también un riesgo higiénico por inhalación de polvo que puede producirse en las operaciones de corte de elementos cerámicos, manejo de cementos en polvo y áridos, tareas de limpieza, etc.

En los casos de contacto, los E.P.I. serán los guantes de características adecuadas, en el caso de inhalación, filtros de acción mecánica o mecánica y química, y equipos de respiración autónoma o semiautónoma en n los casos en los que se prevea falta de oxígeno.

Proyecciones/salpicaduras

Este es un riesgo que provoca innumerables incidentes y bastantes accidentes en las obras de construcción. Está presente en casi todos los trabajos de todas las fases de la obra.

Para prevenir dicho riesgo, lo primero sería dotar a las máquinas herramienta presentes en las obras de protecciones colectivas (en aquellas que sea factible hacerlo):

- Pantallas, transparentes si es posible, de modo que situadas entre el trabajador y la pieza/herramienta, detengan las proyecciones. Si son transparentes, deberán renovarse cuando dificulten la visibilidad.
- Pantallas que aíslen el puesto de trabajo (protección frente a terceras personas).

Los trabajos que se efectúen con herramientas portátiles o herramientas de mano (que son la mayoría) harán imprescindible el uso de E.P.I. por parte de los trabajadores:

- Pantallas faciales si se trata de proyecciones de sólidos o líquidos de las que hay que proteger toda la cara.
- Gafas contra impactos con el nivel de protección mecánica adecuada a la masa y velocidad de los fragmentos o partículas que se espera recibir.
- También se deben proteger las manos mediante guantes, y si procede los antebrazos con manguitos.
- Se protegerá el cuerpo con el uso de chaquetas o mandiles de material apropiado.

Sobreesfuerzos

Los dos factores principales que los causan son: el trabajo en posturas inadecuadas y la carga física excesiva, aunque habitualmente suelen darse ambos casos simultáneamente en las obras de construcción.

La lesión más frecuente debida a éste riesgo, son las algias de tipo dorso-lumbar.

La prevención debe enfocarse en diversos campos:

- La formación de los trabajadores para lograr el cambio de hábito en sus posturas de trabajo en el levantamiento, transporte de cargas y modo de situarse ante el trabajo.
- Organizar las zonas de trabajo y los acopios de materiales de forma que las manutenciones sean lo mas cortas posible y los acopios sean accesibles desde los medios mecánicos de elevación.
- Emplear siempre que sea posible medios de manipulación mecánica, carretillas, grúas, etc.
- Utilización de Equipos de Protección Individual: fajas abdominales, muñequeras, etc.

Atropellos o golpes con vehículos

Éste es otro accidente de los que no ocurre en gran número pero que debe ser tenido muy en cuenta dado que sus consecuencias suelen ser graves.

En grandes obras donde hay circulación de maquinaria en el interior, es un problema especialmente grave, pero también en las pequeñas donde los vehículos que llegan se quedan cerca de la obra.

El riesgo lo corren los trabajadores que manejan las máquinas y también todos los que por cualquier motivo circulan alrededor de las mismas.

Para prevenir los riesgos, las acciones a realizar deben ser:

- Los trabajadores deben mantener hábitos seguros de trabajo, respetar el código de circulación y conducir con prudencia.
- Si se circula por el interior de las obras, debe haber caminos marcados para la circulación de vehículos distintos, a ser posible de las vías para peatones.
- De igual modo la entrada de vehículos debe estar separada de la entrada de personas.
- Cuando haga falta habrá una persona que dirija las maniobras de los vehículos dentro de la obra. El conductor del vehículo hará caso sólo a la persona que le dirige.
- Nadie debe pasar ni permanecer en el radio de acción del vehículo hasta que este no se encuentre totalmente detenido.
- No se debe descansar a la sombra de un vehículo detenido.
- Los vehículos y máquinas deben ser revisados por el conductor antes de su uso.
- Establecer un programa de mantenimiento para asegurar el correcto estado del vehículo.
- Utilizar los vehículos o máquinas únicamente para el fin establecido. Las características del vehículo o máquina deben ser adecuadas en función del uso y del lugar de utilización.
- Disponer de los elementos de seguridad necesarios, los cuales de deben encontrar en buen estado (resguardos, frenos, luces rotofaro, bocina de marcha atrás, etc.).
- Limitar la velocidad de circulación en el recinto en función de la zona y vehículo.
- Debe existir un nivel de iluminación adecuado.
- Todos los medios de transporte automotores que no tengan cabina para el conductor con la suficiente resistencia, deberán disponer de pórtico de seguridad.
- La carga de vehículos debe disponerse de una forma adecuada quedando uniformemente repartida y bien sujeta.

- Cuando los vehículos estén situados en pendientes mantener los frenos puestos y las ruedas aseguradas con calzos.
- No circular al bies en una pendiente, seguir la línea de mayor pendiente, especialmente en vehículos o máquinas de poca estabilidad, tales como carretillas elevadoras, tractores, etc.
- Evitar cambios buscos de dirección, virajes con poco radio, a velocidad exagerada o en la parte baja de un descenso rápido.
- En el caso de aparatos elevadores, no elevar una carga que exceda la capacidad nominal. Respetar las indicaciones de la placa de carga. Siempre que se deba usar la grúa de un camión, éste debe asentar sus estabilizadores.

Ruido

Este riesgo no suele causar accidentes salvo en raras ocasiones, pero sí sordera profesional.

A él están expuestos casi todos los trabajadores en casi todas las fases de la obra. Lo causan sobre todo las herramientas portátiles accionadas eléctricamente (radiales, rozadoras, martillos, taladros percutores), algunas máquinas de obra (hormigoneras, sierras circulares) y los vehículos a motor (dumper, retroexcavadoras).

En aquellas obras en las que deben realizarse voladuras existe además riesgo de accidente por traumatismo sonoro.

En el empleo de la maquinaria descrita es muy difícil evitar la emisión de ruido, de forma que la solución más viable es la utilización de Equipos de Protección Individual, tapones u orejeras adecuados a los niveles de ruido.

Estrés térmico

Se puede encontrar estrés térmico por calor y por frío. Se ven afectados por el primer caso aquellos trabajadores que realizan tareas que implican un cierto esfuerzo físico en ambientes de temperatura elevada (más probabilidad si se añade una elevada humedad relativa). El segundo caso lo pueden sufrir los que realizan trabajos en un ambiente de frío extremo

Las características de esfuerzo físico pueden darse en casi todas las fases de una obra, pero las condiciones ambientales para encontrar estrés térmico se encuentran sólo de forma más puntual. Las condiciones para el estrés térmico por calor pueden esperarse en época estival y sobre todo en trabajadores que desarrollen su trabajo con exposición directa al sol. El estrés térmico por frío puede darse en invierno, en trabajos que se realicen con exposición a viento de temperaturas muy bajas.

Combatir éste último pasa por proporcionar a los trabajadores ropa de trabajo de abrigo. Es más difícil combatir el estrés térmico por calor. Deben conocerse las condiciones de temperatura y humedad que pueden provocarlo y limitar la cantidad de trabajo físico a realizar en tales momentos, procurar la colocación de toldos que protejan a los trabajadores de la radiación solar directa o realizar tareas bajo techo, procurar que los trabajos se efectúen con ventilación suficiente.

Esta lista de riesgos no pretende ser exhaustiva. Sirve, sin embargo, para ver que en éste sector, en el que tradicionalmente se da un alto nivel de siniestralidad, es posible evitar riesgos y prevenir accidentes.

INDUSTRIA AGRÍCOLA

Identificación de los riesgos:

RIESGO	SITUACIONES DE RIESGO
• **Caídas al mismo nivel**	♦ Aperos de trabajo en el suelo. ♦ Terrenos irregulares y/o abruptos. ♦ Suelos resbaladizos en el interior de las naves de ganado. ♦ Pisadas sobre objetos. ♦ Objetos cortantes en el suelo (cristales, clavos, etc.)
• **Caídas a distinto nivel**	♦ Caídas desde tractores o remolques a más de 2 metros de altura. ♦ Caídas desde ramas de árboles. ♦ Almacenamiento en zonas de altura.
• **Atrapamientos**	♦ Uso de maquinaria agrícola. ♦ Manipulación de aperos de trabajo. ♦ Mantenimiento de la maquinaria.
• **Contactos eléctricos**	♦ Mantenimiento de las instalaciones. ♦ Contactos eléctricos indirectos.
• **Exposición a agentes químicos**	♦ Uso de pesticidas y plaguicidas. ♦ Uso de fertilizantes. ♦ Uso de productos para el tratamiento de los animales.
• **Accidentes causados por seres vivos**	♦ Ataques de animales.
• **Atropellos o golpes con vehículos**	♦ Uso de vehículos agrícolas. ♦ Vuelco de vehículos agrícolas. ♦ Uso de vehículos para el transporte de personas.
• **Carga física**	♦ Manipulación de cargas excesivamente pesadas. ♦ Manipulación repetitiva de cargas. ♦ Posturas inadecuadas.
• **Riesgo biológico**	♦ Trabajos en contacto con el ganado. ♦ Manipulación de estiércol y detritos de los animales.
• **Golpes y cortes por objetos**	♦ Uso de herramientas manuales. ♦ Uso de máquinas-herramienta. ♦ Mantenimiento de vehículos.
• **Estrés térmico**	♦ Trabajos en condiciones ambientales adversas.
• **Ruido**	♦ Uso de maquinaria agrícola.
• **Incendio y explosión**	♦ Almacenamiento de productos inflamables y Combustibles. ♦ Almacenamiento de cereales y legumbres.

Tabla 17-12: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN LA INDUSTRIA AGRÍCOLA

Desarrollo y control de los riesgos identificados:

1 - Caídas al mismo nivel:

❑ Presencia de herramientas y aperos de trabajo (incluidas mangueras) abandonados en el suelo tras su uso.

❑ Pequeños desniveles e irregularidades en el pavimento de las naves. Rejillas de evacuación de fluidos que presenten salientes.

❑ Terrenos de labranza escarpados y de difícil acceso (baches, zanjas, etc.) con presencia de diversos materiales en la zona de trabajo (piedras, ramas, etc.).

❑ Acumulación de agua para la limpieza de ganado e instalaciones, y de otros fluidos en suelos poco porosos.

❑ Pisadas y tropiezos con objetos abandonados en el suelo tras su utilización o incorrectamente almacenados.

➢ Medidas de control:

- Se evitará dejar abandonados los útiles de trabajo después de su uso, depositándolos en lugares adecuados a tal efecto (cuadros de herramientas, estanterías, departamentos de almacenamiento...).
- Orden y limpieza en las instalaciones.
- Se evitará en la medida de lo posible la presencia de desniveles en las naves, y se repararán las irregularidades causadas por un mal estado del pavimento.
- Se dispondrán suficientes canales de evacuación de fluidos, señalizando adecuadamente (mediante color de contraste) las rejillas de desagüe.
- Se suministrará calzado de suela antideslizante a los trabajadores.
- Se prestará especial atención a los accesos al puesto de trabajo en los terrenos de labranza, manteniéndolos en la medida de lo posible libres de obstáculos.

2 - Caídas a distinto nivel:

❑ Caídas desde tractores o remolques a más de 2 m. de altura .

❑ Caídas producidas al recoger frutos o realizar tareas de poda a árboles.

❑ Almacenamiento de balas de hierba, productos alimentarios, equipos de trabajo o algún otro objeto.

➢ Medidas de control:

- Al subir al puesto del conductor de un vehículo utilizando una escala, utilizar como puntos de apoyo los dos brazos y los pies de tal manera que en todo momento se tengan tres puntos de apoyo.
- Las escalas deben de tener una anchura mínima de 40 cm. y la distancia máxima entre peldaños será de 30 cm.
- Evitar movimientos bruscos al subir por la escala del vehículo y subir prestando atención a la escala evitando distracciones.
- Evitar en lo posible subir a árboles. Si fuese imprescindible, establecer medidas de seguridad como puede ser amarrarse al tronco del árbol, evitando amarrarse a ramas por posible rotura de las mismas.

- Si el árbol no ofreciese suficiente estabilidad debido a su altura o grosor del tronco, evitar la subida directa al árbol y utilizar algún tipo de escalera, plataforma o celda elevadora.
- Si en los almacenes hubiera más de un piso se habilitará una escalera de servicio o se colocará una escala fija con anchura mínima de 40 cm. y distancia máxima entre peldaños de 30 cm. Las escalas que tengan una altura superior a 4 m. dispondrán, al menos a partir de dicha altura , de una protección circulante. Si se empleasen para alturas mayores de 9 m. se instalarán plataformas de descanso cada 9 m. o fracción.

Atrapamientos:

❑ Atrapamientos en las partes móviles de las máquinas y aperos de trabajo.
❑ Atrapamientos en las tareas de mantenimiento de los equipos de trabajo.

➢ Medidas de control:

- Se evitará, mediante la colocación de enclavamientos o resguardos obstructivos, que los trabajadores puedan acceder a las zonas donde las partes móviles desarrollen su carrera. Si ésto no fuese posible, se informará adecuadamente al trabajador para que no se acerque al punto de operación mientras la máquina esté en funcionamiento.
- Se procederá a la elaboración de procedimientos de trabajo para garantizar la seguridad de los trabajadores en las tareas de mantenimiento, incluyendo las prescripciones para la correcta consignación de los equipos de trabajo.

Contactos eléctricos:

❑ Este riesgo se encontrará debido a contactos con la instalación eléctrica (cuadros, cableado, enchufes, etc.) y cuando se utilicen máquinas conectadas a la red eléctrica como pueden ser dispersores móviles de agua, cortadoras de setos, máquinas utilizadas en ganadería para tratamientos de la leche, etc.

➢ Medidas de control:

- En cuanto a los cuadros eléctricos, evitar tener partes activas accesibles, disponer de seccionadores de corriente y no sobrecargar los cuadros de distribución con derivaciones excesivas.
- Se deberán disponer de diferenciales de media sensibilidad para el circuito de potencia y de alta sensibilidad para el de alumbrado.
- El cableado debe ser revisado para verificar que no se encuentra en mal estado. No se aconseja realizar empalmes con cintas adhesivas. Es importante recordar que los cables pueden pasar por zonas que presenten una gran humedad o tengan charcos de agua lo que aumenta el riesgo.
- Aquellas máquinas que funcionen con energía eléctrica y lo requieran (no lo requerirán las que sean seguras por sí mismas; por ejemplo, disponiendo de doble aislamiento) se conectarán debidamente a tierra, para lo cual es necesario verificar que exista continuidad entre la pica de la puesta a tierra y la máquina.
- Asímismo, siempre que resulte posible, se utilizarán máquinas-herramientas portátiles que dispongan de doble aislamiento.

Exposición a agentes químicos:

- ❑ En el caso del agricultor, se deberá al manejo y exposición a pesticidas, plaguicidas y fertilizantes necesarios para el tratamiento de los cultivos.
- ❑ Constituyen un grupo de moderado riesgo.
- ❑ Los principales grupos químicos a que están expuestos son : Organoclorados, organofosforados, carbamatos, tiocarbamatos, piretrinas, bipiridilos, triazinas, nitrofenoles, organomercuriales, ácidos fenoxiacéticos y cloro.
- ❑ En el caso de los ganaderos, el riesgo es aplicable a la manipulación de productos para el tratamiento del ganado (desparasitación, desinfección de las instalaciones, etc.).

➢ Medidas de control:

- Recomendaciones preventivas en el almacenamiento: locales construidos con material no combustible. Además, deberán impedir posibles inundaciones y quedar alejados de cursos de agua. Estarán dotados de ventilación adecuada con salidas al exterior, nunca a locales interiores, y deberán estar separados por pared de otros locales habitados. No se almacenarán en el mismo lugar los herbicidas con los insecticidas. El etiquetado de los envases será siempre el adecuado, según lo previsto en el RD 2216/85 sobre envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Recomendaciones preventivas en el uso de equipos de tratamientos: se evitará el contacto directo con las boquillas de los rociadores, se evitará rociar en días de mucho viento, y no se podrá comer, beber o fumar durante la operación de rociado. Se utilizarán los equipos de protección respiratoria adecuados. Las máquinas de pulverización no se emplearán jamás para el transporte de agua para beber personas o animales.
- Recomendaciones preventivas para las personas que realizan los tratamientos : los envases parcialmente usados estarán herméticamente cerrados y debidamente etiquetados; si se produjese derrame se evitará sifonar los líquidos para trasvasarlos. Si el derrame se produce en el almacén, se procederá a la recogida del líquido con material absorbente (serrín o arena), que luego se incinerará o enterrará. Se lavará la zona de derrame con abundante agua y jabón. No se guardarán pesticidas en envases de productos alimenticios (botellas, etc.). Las aguas de lavado de recipientes no se arrojarán a cursos de agua. Los trabajadores con heridas o rozaduras en las manos no intervendrán en la preparación de los caldos. Después de su empleo, lavarse y cambiarse de ropa en el centro de trabajo, nunca en el domicilio del trabajador. Se atenderá a un uso y conservación correctos de guantes y demás ropa de trabajo. Se observarán siempre las instrucciones indicadas en la etiqueta del envase, la cual estará a disposición del médico en caso de intoxicación. Cumplir siempre los plazos de seguridad marcados.
- Se tendrá en cuenta que no todos los trabajadores pueden usar los equipos de protección personal para pesticidas, debido a distintos condicionantes personales (tanto físicos como psicológicos).
- En resumen, la base preventiva frente al riesgo químico en el sector agrícola-ganadero supone el uso del producto adecuado, la observación de una buena higiene personal, la utilización de EPI’s específicos al riesgo y la realización de reconocimientos médicos periódicos de control clínico y biológico.

Accidentes causados por seres vivos:

- ❑ Ataques producidos por animales domésticos como vacas, perros, burros, cerdos, caballos, etc.
- ❑ Ataques como consecuencia de encuentros con animales tales como perros asilvestrados, serpientes, lobos, jabalíes, etc.

➢ Medidas de control:

• Para animales domésticos:
- – No realizar acciones que provoquen reacciones de nerviosismo en el animal.
- – Evitar tener los animales en ambientes ruidosos y estresantes.
- – Pedir información sobre como tratar con estos animales a personas con experiencia en estas actividades.

• Para animales no domésticos:
- – Evitar en la medida de lo posible transitar por zonas en las que se suponga se puedan encontrar estos animales.
- – Evitar acercarse una vez estén identificados.
- – No realizar movimientos extraños en la proximidad de estos animales.
- – Informarse sobre la actuación que se debe llevar a cabo en caso de picaduras de serpientes o de otros animales venenosos.
- – Pedir información sobre los lugares en donde se puedan encontrar animales venenosos que sean difícilmente identificables ya sea por su tamaño, comportamiento o características físicas en general. Con este tipo de animales hay que extremar las medidas de precaución, ya que podrían ser pisados o golpeados por descuido, lo que provocaría en muchas ocasiones una reacción agresiva por parte del animal del tipo de una picadura o un mordisco.

Atropellos o golpes con vehículos:

- ❑ En este apartado se observarán tanto los riesgos generados por la presencia de vehículos automóviles agrícolas en la zona de trabajo como los generados en el transporte de los trabajadores a su puesto de trabajo, ya sea mediante vehículos de empresa o particulares.
- ❑ Se considerará en este apartado, así mismo, el riesgo de atrapamiento por vuelco de maquinaria, especialmente de tractores agrícolas.

- ❑ Causas principales de vuelco de los tractores agrícolas :
  - • Peligrosidad intrínseca (centro de gravedad alto).
  - • Configuración abrupta del terreno.
  - • Conductores sin formación adecuada.
  - • Fallos técnicos.
  - • Actos y maniobras inseguras.

➢ Medidas de control:

• Se evitará, en la medida de lo posible, la concurrencia de personas a pie y de vehículos en el mismo área de trabajo. Si el vehículo precisase para el desarrollo

de sus funciones de un acompañante a pie, éste nunca se situará delante de la trayectoria de aquél. Los vehículos dispondrán de señalización óptica (luz de sirena) y acústica de marcha atrás (bocina intermitente).

- Los conductores estarán debidamente cualificados, formados e informados de los riesgos inherentes a su puesto.
- En el caso de acceso de vehículos (camiones, etc.) a las naves, se atenderá a lo previsto para vías de circulación en el RD 486/97 de lugares de trabajo, y a lo previsto para señalización en el RD 485/97. En el caso de vehículos para el transporte de personas, se preverá un mantenimiento correcto del mismo, así como la mejora de los accesos al puesto de trabajo, evitando desniveles, zanjas y baches.
- El conductor estará cualificado para el desarrollo de su labor, y se contemplarán en todo momento las normas de circulación, respetando la velocidad máxima permitida en cada situación.
- Respecto al riesgo de vuelco de los tractores agrícolas, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:
  – Se actuará sobre la estabilidad del tractor: desarrollando dispositivos y avisadores antivuelco, utilizando tractores de doble tracción y de cadenas, y evitando los tractores de ruedas estrechas o excesivamente elevados. Las anchuras de vía y longitud entre ejes serán máximas.
  – Se actuará sobre el terreno, mejorando el estado, en la medida de lo posible, de caminos y accesos al puesto de trabajo (sobre todo atenuando desniveles).
  – Se formará y adiestrará al tractorista debidamente, no sólo como conductor, sino también como operario de una máquina agrícola.
  – Se dispondrá un mantenimiento y conservación adecuados del tractor, con revisiones periódicas de frenos, dirección, ruedas, embrague, enganche, etc.
  – El tractor dispondrá, en todo caso, de cabina antivuelco certificada, que asegure la protección del conductor en caso de producirse el vuelco.

Carga física:

❑ Manipulación de cargas excesivamente pesadas.
❑ Manipulación de cargas de forma repetitiva.
❑ Mantenimiento de posturas estáticas como pueden ser las debidas a posturas mantenidas de pie o a estar sentado en lugares como el asiento del tractor.
❑ Mantenimiento de posturas forzadas dinámicas como las producidas en actividades tales como la recogida de productos alimenticios y útiles de trabajo en posturas inadecuadas como puede ser en posición agachada hacia delante.

➢ Medidas de control:

- Siempre que sea posible se utilizarán medios mecánicos en la manipulación de las cargas.
- A efectos prácticos se considera carga los objetos que pesen más de 3 Kg.
- El peso máximo que se recomienda no sobrepasar es de 25 Kg
- No obstante, si la población expuesta son mujeres, trabajadores jóvenes o mayores, o si se quiere proteger a la mayoría de la población, no se deberían manejar cargas superiores a 15 Kg.

- En circunstancias especiales, trabajadores sanos y entrenados físicamente, podrían manipular cargas de hasta 40 Kg; siempre que la tarea se realice de forma esporádica y en condiciones de seguridad.
- Como recomendaciones generales para el manejo de cargas podemos apuntar:
- Manipulación de pesos:
  - Apoyar los pies firmemente.
  - Separar los mismos entre sí una distancia equivalente a la que hay entre los hombros.
  - Doblar las rodillas para coger el peso.
  - Mantener la espalda recta.
  - Levantar el peso gradualmente enderezando las piernas.
  - Solicitar ayuda en caso de carga demasiado pesada.
- Inspección de la carga para detectar:
  - Peso aproximado.
  - Bordes cortantes.
  - Clavos, astillas, etc.
  - Estado del embalaje.
- Equipo de protección individual:
  - Botas de suela antideslizante y puntera reforzada.
  - Guantes.
  - Casco, cuando exista riesgo de caída de otras cargas.
  - Faja para la sujeción de las vértebras lumbares.
- Manipulación reiterada de cargas:
  - Una frecuencia elevada en la manipulación manual de cargas puede producir fatiga física y una mayor probabilidad de sufrir un accidente al ser posible que falle la eficiencia muscular del trabajador.
  - Si se manipulan cargas frecuentemente, el resto del tiempo de trabajo debería dedicarse a actividades menos pesadas y que no impliquen la utilización de los mismos grupos musculares, de forma que sea posible la recuperación física del trabajador.
  - Es conveniente que se realicen pausas adecuadas preferiblemente flexibles, ya que las fijas y obligatorias suelen ser menos efectivas para aliviar la fatiga.
  - Otra posibilidad es la rotación de tareas, con cambios a actividades que no conlleven gran esfuerzo físico y que no impliquen la utilización de los mismos grupos musculares.
- Mantenimiento de posturas estáticas:
  - Estas posturas pueden provocar fatiga y estrés a corto plazo y problemas osteomusculares a medio y largo plazo.
  - Las medidas destinadas a limitar los efectos de estos riesgos proceden de analizar la organización del trabajo. Se debe dar a los puestos de trabajo y actividades la mayor variedad de contenidos posibles, de manera que los trabajadores puedan en un momento dado, programar su actividad, para evitar la monotonía en el trabajo.
- Mantenimiento de posturas forzadas dinámicas:
  - Las medidas recomendadas para evitar estos riesgos son las mismas que las destinadas a combatir los efectos de las posturas estáticas, ya que están basadas en estudiar la organización del trabajo para hacerlo más variado y flexible a las circunstancias puntuales que pueden ocurrir durante la jornada del trabajo.

– Además deberemos de tener en cuenta la necesidad de elegir sitios adecuados para trabajar, que no obliguen al trabajador a adoptar posturas forzadas, para evitar lesiones y cansancio.

Riesgo biológico:

- ❑ Se trata de riesgo de infectopatías (zoonosis) debido a la exposición directa y continuada del trabajador con el ganado y su entorno (instalaciones, estiércol...).
- ❑ Dentro de las infectopatías merece especial relevancia la brucelosis, ocupando el segundo lugar en cuanto a nivel de registro de enfermedades profesionales, por detrás de las dermopatías profesionales. El agente generador pertenece al género brucela, y las vías de contagio animal-hombre son la cutáneo-mucosa, la inoculación accidental, la vía respiratoria y la vía digestiva.

➢ Medidas de control:

- Para controlar el riesgo de zoonosis, es de aplicación el RD 23 de diciembre de 1994, de Ministerio de la Presidencia, Sanidad Animal, que establece medidas de protección contra determinadas zoonosis y agentes productores de zoonosis, procedentes de los animales y productos de origen animal, a fin de evitar infectopatías. El agente puede ser transmitido desde el reservorio por vía directa; en forma indirecta, mediante un insecto vector o a través de soluciones de continuidad en la piel o mucosas. Cuanto más estrecho es el contacto con la fuente, mayor es el riesgo de infección. Los métodos de prevención son limitados, ya que se trata de enfermedades transmisibles al ser humano y capaces de producir epidemias. Todas las zoonosis pueden ser enfermedades profesionales, aunque no siempre resulte fácil atribuir la infección al riesgo profesional. Las medidas de prevención pasan por suprimir reservorios y vectores. Si no es posible, se dispondrá de una metodología de trabajo adecuada, del uso de equipos de protección individual y se proporcionará vacunación o quimioprofilaxis específica a los trabajadores. Se reducirán, finalmente, los contactos directos e indirectos entre trabajador y animales al mínimo indispensable para el desarrollo de la actividad laboral.
- Respecto de la brucelosis, la profilaxis irá encaminada a eliminar, por una parte, las situaciones que impliquen riesgo de contagio y a favorecer, por otra, la inmunidad. Las medidas de prevención se basan en los siguientes puntos:
  – Observación de las hembras preñadas.
  – Sala de partos y abortos aislada del resto de las instalaciones, y revestida de azulejos para facilitar su limpieza. Una vez finalizado el parto o aborto, se realizará la desinfección del local mediante solución de sosa cáustica al 2%.
  – Después de un aborto, se recogerán muestras de los restos cuidadosamente (siempre con guantes) para su análisis posterior en el laboratorio. Las jeringas serán desechables, y el resto del material abortivo (junto con los desechos) se destruirá enterrándolo en cal viva a suficiente profundidad.
  – Se hará cuarentena a los animales nuevos procedentes de otras explotaciones o mercados. Si es posible, sólo se adquirirán animales procedentes de granjas seguras.

– Se procederá a un sistema rotacional de pastos, evitando abrevaderos comunes y una concentración excesiva de ganado en un mismo territorio (está comprobado que a mayor densidad de animales, mayor es el riesgo de infección), así como la mezcla de ganado de distintos rebaños.
– Diagnóstico precoz de la enfermedad mediante la prueba del Anillo en la leche (Ring test).
– Tratamiento obstétrico, con antibióticos, de las hembras abortadas.
– Los animales enfermos deben ser sacrificados y enterrados convenientemente, previo tratamiento con cal viva.
– Se suprimirán las cubriciones durante seis meses en las hembras abortadas. Si es posible, las cubriciones se llevarán a cabo mediante inseminación artificial (aseguramos así la inocuidad en la transmisión).
– Desinfección (mediante sosa cáustica o bases de amonio) de todas las personas a la entrada y salida de la explotación, ya que actúan como transmisores de la enfermedad. Se prestará especial atención a la desinfección del calzado.
– Programa sistemático de vacunación del ganado, mediante el uso de las cepas B-19, Rev-1, 45/20 y H-38.
– Se prohibe alimentar a los perros con los restos de los abortos, que serán destruidos adecuadamente.
– Se evitará almacenar los detritus de los animales en las proximidades de viviendas habitadas (incluyendo la del propio ganadero).
– Tener en cuenta que, de momento, no existe vacunación preventiva efectiva para el hombre.

Golpes y cortes por objetos:

❑ Golpes o cortes provocados por el uso de herramientas utilizadas para cortar, punzar, golpear, mover, apretar, trabajar con la tierra, etc.

➢ Medidas de control:

• Recomendaciones para herramientas manuales:
– Las herramientas de mano estarán construidas con materiales resistentes serán las más apropiadas por sus características y tamaño a la operación a realizar, y no tendrán defectos ni desgaste que dificulten su correcta utilización.
– La unión entre sus elementos será firme, para evitar cualquier rotura o proyección de los mismos.
– Los mangos o empuñaduras serán de dimensiones adecuadas, no tendrán bordes agudos ni superficies resbaladizas, serán aislantes en caso necesario.
– Las partes cortantes y punzantes se mantendrán debidamente afiladas y templadas.
– Durante su uso estarán libres de grasas, aceites y otras sustancias deslizantes.
– Se programará un mantenimiento periódico y revisiones del estado de los mangos y de otras partes de las herramientas.
– Utilizar herramientas adecuadas al trabajo que se realiza con ellas.
– Utilizar cajas u otros sistemas adecuados para su transporte.
– Cuando no se usan, colocarlas en lugares establecidos.

- Recomendaciones para máquinas-herramientas:
  - Los equipos deben seguir rigurosamente las normas de conservación y mantenimiento que indica el fabricante.
  - Las máquinas en las que sea necesario, montarán segunda empuñadura, para poder sujetarlas con las manos.
  - No desenchufar tirando del cable.
  - Los trabajadores deben de tener la formación necesaria para llevar a cabo esta actividad, así como para montar en cada operación los dispositivos protectores correctos.
  - Elegir lugares adecuados para trabajar con estas máquinas, que no obliguen a los operarios a adoptar posturas forzadas, para evitar cansancios innecesarios y lesiones músculo-esqueléticas a medio y largo plazo.
  - Evitar prisas y no obligar a la máquina a trabajar a regímenes superiores de funcionamiento, mediante presiones inadecuadas sobre piezas, que podrían causar el desgaste innecesario de los útiles o de sus soportes, o la rotura de los útiles.
  - Mantener los útiles limpios y bien conservados, si están embotados pueden dar lugar a retrocesos de la herramienta, con el consiguiente peligro para el operador.

Estrés térmico:

❑ Generado cuando el trabajador desarrolla su tarea en terrenos exteriores, y se puede manifestar en ambos sentidos:
  - Trabajos pesados en condiciones ambientales de altas temperaturas (agravado en caso de alta humedad relativa) generando riesgo de hipertermia y deshidratación.
  - Trabajos en condiciones ambientales de bajas temperaturas (agravado en caso de lluvia, viento o granizo) generando riesgo de hipotermia.

➢ Medidas de control:

- En caso de trabajos pesados en condiciones de altas temperaturas, se atenderá a las siguientes recomendaciones:
  - Uso de ropa ligera, con bajo índice de CLO.
  - Evitar la exposición directa al Sol de la cabeza, mediante el uso de protección específica (sombrero, gorra, etc.).
  - Establecer tiempos de descanso adecuados, cuya frecuencia y duración estará en función de la intensidad de la tarea desarrollada.
  - Beber frecuentemente para evitar la deshidratación.

- En caso de trabajos en condiciones de bajas temperaturas, se atenderá a las siguientes recomendaciones:
  - Uso de ropa adecuada, con elevado índice de CLO, incluyendo guantes y orejeras si fuese necesario.
  - Se atenderá a los posibles agravantes de las condiciones térmicas, como son el viento, la lluvia o el granizo.
  - En caso de tormenta con abundante descarga eléctrica, se abandonará temporalmente la tarea en exteriores si existe situación de riesgo para el

trabajador, procediendo a refugiarse en lugar seguro (nunca bajo los árboles, estructuras metálicas o líneas de alta tensión).

– En cualquier caso, como medida de prevención frente al estrés térmico, y siempre que sea posible, las tareas en exteriores se realizarán mediante el uso de maquinaria agrícola, con lo que el trabajador permanecerá, en todo momento, resguardado en el interior de la cabina, la cual dispondrá de la climatización adecuada.

Ruido:

❑ En este tipo de trabajo podrá generarse ruido como consecuencia de la actividad debida a la maquinaria agrícola-ganadera.

➢ Medidas de control:

- El empresario deberá evaluar la exposición de los trabajadores al ruido, con el objeto de determinar si se superan los límites establecidos en la reglamentación, para poder aplicar las medidas procedentes en el origen, en el medio y en el receptor y los reconocimientos médicos específicos para las personas expuestas al ruido con la periodicidad y características que indica el Real Decreto sobre ruido.
- Las evaluaciones no serán obligatorias en el caso en que los puestos de trabajo tengan valores manifiestamente inferiores a los 80 dB(A) y 140 dB(A) para el Nivel Diario Equivalente y el Nivel de Pico máximo, respectivamente.
- Las medidas adoptadas para reducir el ruido deberán a afectar en primer lugar, si es posible a intentar disminuir el nivel de ruido en la fuente de emisión y en el medio, realizando para ello un mantenimiento de la maquinaria para evitar la posibilidad de encontrar partes móviles que produzcan vibraciones y ruido o bien intentar aislar o apantallar la fuente de ruido actuando a nivel del medio de transmisión.
- Por último, se adoptarán medidas de atenuación del ruido en el trabajador cuando no se puedan realizar las medidas anteriores o como complemento de ellas, mediante la utilización de protectores auditivos adecuados a cada caso.

Incendio y explosión:

❑ Como consecuencia, principalmente, del almacenamiento de productos y materiales inflamables con elevada carga térmica (madera, paja, algodón, etc.) o que puedan generar una atmósfera explosiva (polvo en suspensión de los cereales y legumbres almacenados en los silos).

❑ Se tendrá en cuenta también la existencia de compresores (riesgo de explosión por sobrepresión) y productos químicos inflamables (pesticidas, combustibles para la maquinaria) utilizados en las instalaciones.

➢ Medidas de control:

- El riesgo de incendio se deberá, principalmente, al almacenamiento de productos inflamables. Por lo tanto, las medidas de prevención irán encaminadas a lo previsto para estos casos en el capítulo VII de la OGSHT de marzo de 1971, entre lo que cabe destacar:

– Los almacenes se construirán a conveniente distancia entre sí y aislados de los restantes centros de trabajo. Si ésto fuese imposible, se aislarán convenientemente del resto de la instalación, mediante muros cortafuegos u otros dispositivos de corte.
– Si se prevé un incendio de moderada rapidez de propagación en el local, éste no excederá de dos plantas superpuestas, y la altura de cada una de ellas no deberá ser inferior a 4 metros. Si existe riesgo de rápida propagación del fuego, la altura del local se limitará, en todo caso, a un solo piso.
– Existirán al menos dos o más puertas de salida en direcciones contrapuestas y libres de obstáculos en su acceso.
– Las puertas de salida al exterior abrirán hacia fuera, sin necesidad de llave; las interiores serán de vaivén (nunca verticales o rotatorias).
– Las ventanas abrirán hacia el exterior y los cristales serán opacos para evitar el calentamiento del ambiente por luz solar.
– Los ascensores y montacargas serán de tipo cerrado, resistentes al fuego y, de ser posible, no se instalarán en los huecos de las escaleras.
– Las escaleras serán de material ignífugo, y los huecos de escalera serán cerrados.
– Si el riesgo de incendio es alto (por elevada carga térmica), se instalarán escaleras metálicas de seguridad a lo largo de la fachada del local.
– Las puertas, ventanas y pasillos de salida estarán claramente señalizados.
– No existirá en el interior del local ningún elemento que pueda constituir foco de ignición (se incluye aquí la prohibición de fumar en el almacén).
– La temperatura del interior del local se controlará para que no se supere el punto de autoinflamación del material almacenado o de sus vapores. Para ello, si es preciso, se procederá a la ventilación del local, bien de forma natural o forzada.
– El llenado de los bidones de combustible, si los hubiera, se realizará lentamente y sin permitir la caída libre desde el orificio de entrada, para evitar la mezcla del aire con los vapores explosivos.
– Se instalarán suficientes tomas o bocas de agua, de acuerdo a normativa. En caso de polvos orgánicos, sólo se empleará agua muy pulverizada.
– Se colocarán suficientes extintores portátiles (próximos a las zonas de mayor riesgo, en lugares visibles y libres de obstáculos), adecuados al tipo de fuego a extinguir y de eficacia mínima 21A-113B. Los extintores se revisarán periódicamente de acuerdo a lo establecido en norma.
– En los locales de alta carga térmica, se procederá a la instalación de detectores de incendio conectados al sistema de alarma del centro de trabajo.

• Respecto a la instalación eléctrica, se atenderá a lo expuesto en la ITC-MIE-BT-026 para atmósferas con riesgo de incendio y explosión.
• Especial atención merece el almacenamiento de cereales y legumbres en los silos (generan polvos en suspensión),con elevado riesgo de explosión. Se atenderá en ellos a las siguientes medidas de protección :
– Prevención de la Inflamación, para que no se den las condiciones que concurran en el desarrollo de la explosión. Estaría aquí incluido el control de las temperaturas del proceso, de las acumulaciones de polvo, inertización del proceso y control de conexiones a tierra y elementos antiestáticos, evitando así mismo los focos de ignición.

- Supresión o Confinamiento de la Llama, atacándola directamente mediante distintos dispositivos en los momentos iniciales de su formación.
- Explosión Segura : se basa en permitir que la explosión se desarrolle, pero bajo condiciones seguras. Se logra sobredimensionando partes de la instalación y aplicando la técnica de **Venteo** (mediante válvulas de escape o descompresión).
- El REBT establece, para riesgo de incendio o explosión debido a la presencia de polvo, la protección "**Envolventes a prueba de Inflamación de Polvo**", aunque de momento no existe normalización para ellas.
- Dicho Reglamento clasifica además la instalación como de Clase II, por lo que los materiales eléctricos empleados tendrán el grado de protección IP. Además, se tendrá en cuenta que la temperatura superficial máxima sea en todo momento inferior a la de autoinflamación de los polvos.
- Otros sistemas de protección normalizados y válidos son:
  - Envolvente Antideflagrante, del Grupo II en este caso, de acuerdo a la norma UNE-20320.
  - Seguridad Aumentada.
  - Sobrepresión Interna.
  - Inmersión en Aceite.
  - Aislante Pulvelulento.
  - Seguridad Intrínseca.
- Los polvos inflamables-explosivos tienen una temperatura de autoinflamación cuando se encuentran como *Nube*, y otra distinta cuando se encuentran como *Capa* por lo que el material eléctrico empleado en las instalaciones que nos ocupan deberá ser como mínimo (UNE-20327) de la clase T5. Así:
  - Cajas de conexiones y accesorios : Exe-T5-IP65.
  - Transformadores de potencia y condensadores: Exe-T5-IP65 ó Exd-T5-IP65.
  - Luminarias : Exe-T5-IP65 ó Exd-T5-IP65.
  - Tomas de corriente : Exde-T5-IP65.
  - Aparatos de conexión y corte : Exd-T5-IP65 ó Exe-T5-IP-65.
  - Lámparas portátiles: Exd-T5.

• Finalmente, si en la instalación se dispone de un compresor de aire, se prestará especial atención a su mantenimiento (sólo se realizará por personal especializado) para asegurar así un correcto funcionamiento como base de la acción preventiva. Se atenderá también a su correcta utilización, no sometiéndolo a presiones de servicio superiores a las establecidas por el fabricante, y se someterá a las revisiones periódicas reglamentadas en la norma (Reglamento de Aparatos a Presión).

CAPÍTULO 18: NORMAS DE SEGURIDAD ANTE INCENDIOS

GENERALIDADES

El fuego se puede definir como el resultado final de una reacción química de oxidación, automantenida y acompañada de desprendimiento de calor y luz, en la que intervienen un elemento reductor (el combustible) y un elemento comburente (habitualmente el aire). En general, para que el combustible y el oxígeno puedan reaccionar químicamente debe existir una aportación de calor mediante un foco de ignición.

La combustión es el resultado de una combinación adecuada de estos tres elementos básicos que, inicialmente, tienen que estar presentes para producir las distintas reacciones que den lugar al fuego. Por lo tanto, el fuego no puede producirse sin la conjunción simultánea de los elementos siguientes:

- **combustible**
- **oxidante**
- **energía de activación**

Con propósitos de fácil entendimiento y aplicaciones didácticas, cada uno de los tres elementos, necesarios para que pueda producirse la combustión, constituyen los lados de un **TRIANGULO**. Una vez iniciada la combustión, acompañada de llama, el triángulo se convierte en un tetraedro, es decir intervienen un cuarto elemento denominado **reacción en cadena**, con lo que se amplían las posibilidades de control de la combustión a cuatro formas

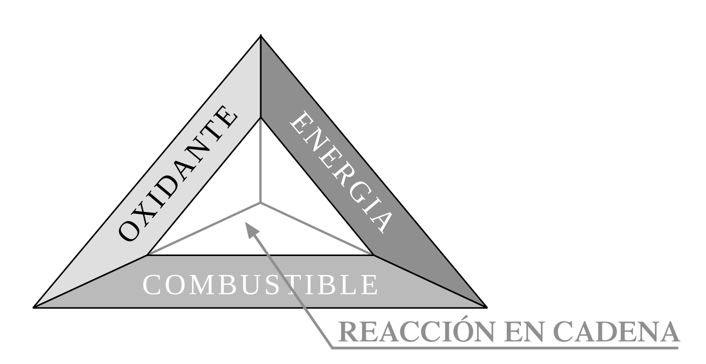
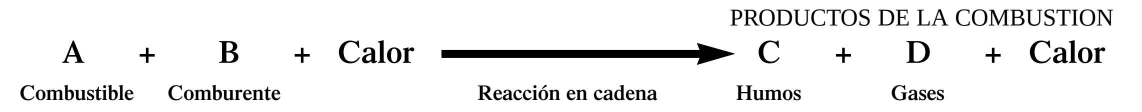


Figura 18-1: TRIANGULO DEL FUEGO

La reacción química de combustión, puede esquematizarse de la siguiente forma:



Clases de fuego

Atendiendo al comportamiento ante el fuego de los diversos combustibles y con la finalidad de ejercer un control rápido sobre los riesgos que conllevan, los fuegos se clasifican según el estado físico del material a temperatura y presión normales en:

Fuegos de clase A: Son los producidos en materiales en fase sólida; las temperaturas que se desprenden en la combustión, son superiores a 6000 C, generando brasas.
Fuegos de clase B: Son los producidos en materiales en fase líquida; las temperaturas que se desprenden de la combustión, son superiores a 9000 C, arden en la superficie.
Fuegos de clase C: Son los producidos en materiales en fase gaseosa; las temperaturas que se desprenden de la combustión, son superiores a 1.1000 C, provocan explosiones.
Fuegos de clase D: Son los producidos en materiales metálicos; las temperaturas que se desprenden de la combustión, son superiores a 2.0000 C.

Propagación del fuego

Se denomina así a la evolución del incendio en el tiempo y en el espacio, una vez se ha producido la ignición. La propagación del fuego se desarrolla en función del tiempo según el tipo de combustible (sólido, líquido o gaseoso) y en el espacio puede llevarse a cabo de forma vertical u horizontalmente utilizando los medios habituales de transmisión de calor (conducción, convección y radiación)

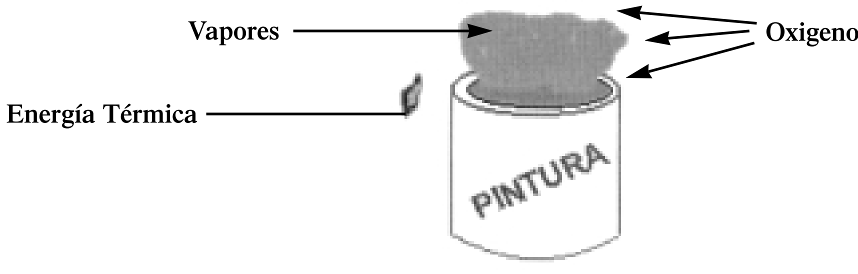


Figura 18-2

Productos de la combustión

El resultado de la combustión origina una serie de productos resultantes, unos con desprendimiento de calor y otros sin desprendimiento de calor. Los productos de la combustión son los responsables directos de la mayor parte de los daños producidos por el fuego a personas y bienes materiales. Se clasifican en productos térmicos y no térmicos

Productos no térmicos

Dentro de este grupo se encuentran los elementos que no emiten calor. La experiencia ha demostrado que el peligro más grave para las personas, que se ven involucradas en un incendio, proviene de los efectos que pueden provocan los **gases** y el **humo**.

Gases
Los gases que se desprenden en una combustión dependen de varios factores, siendo los principales, la composición química del material, el porcentaje de oxígeno que se esté aportando y la temperatura.
Las graves consecuencias que provocan los gases sobre las personas, vienen determinadas por las concentraciones de productos contaminantes que en un incendio les afectan. A continuación se desarrollan algunos de los gases que comúnmente se desprenden de la combustión.

TIPO DE GASES	GASES	EFECTOS/CARACTERISTICAS
Gases tóxicos	* **Monóxido de Carbono (CO)**	La toxicidad del CO se debe a la gran facilidad que tiene para combinarse con la Hemoglobina (componente de la sangre y portador del oxígeno a las células del cuerpo humano) para formar **carboxihemoglobina**, impidiendo el suministro de oxígeno a la sangre; siendo mortal a partir de concentraciones de 0,1% en volumen.
	* **Cianhídrico (HCN)**	El **HCN** se genera por la combustión de fibras naturales y sintéticas como lana, seda, nylon, etc., y es 20 veces más tóxico que el CO, el HCN no se mezcla con la Hemoglobina pero impide la asimilación del oxígeno por las células, causando la muerte en concentraciones del 0,15% en volumen.
	* **Fosgeno ($CClO_2$)**	El **Fosgeno** se genera en combustiones de plásticos y fibras, en estas últimas por la incidencia de los tintes que se utilizan. El **$CClO_2$** produce daños pulmonares graves, siendo mortal en concentraciones del 0,14% en volumen
Gases Asfixiantes	* **Anhídrido Carbónico (CO_2)**	El **CO_2** es un gas 1,5 más pesado que el aire, por lo que en recintos cerrados desplazará mecánicamente al oxígeno, provocando una atmósfera baja en contenido de aire respirable, en concentraciones superiores al 10% provoca la muerte.

Tabla 18-1: GASES QUE SE DESPRENDEN EN LA COMBUSTIÓN

Humo

La producción de humo en un incendio puede variar considerablemente, dependiendo de la cantidad y tipo de combustible y de la ventilación (% de oxígeno) de la combustión. Si el fuego se produce en un recinto cerrado, el porcentaje de oxígeno irá disminuyendo por debajo del 21% a medida que la combustión vaya progresando, esto provocará un aumento de la emisión de humo en el interior del recinto. El humo afecta a la seguridad de las personas a través de los mecanismos siguientes:

* **Impide la visibilidad**
* **Produce irritación en vías respiratoria y ojos**
* **Toxicidad**

Tanto los gases como el humo son productos que disponen de gran movilidad y se pueden desplazar a ciertas distancias del foco donde se produce la combustión.

Las distintas coloraciones y densidades del humo pueden ser un indicador del tipo de combustible que se está quemando.

PRODUCTO	COLOR HUMO
Madera	Blanco Gris claro
Fibras naturales	Gris claro
Fibras sintéticas	Gris oscuro
Plásticos	Gris oscuro Negro
Hidrocarburos	Negro
Alcoholes	Casi imperceptible
Gases licuados del petróleo	Imperceptible

Tabla 18-2: RELACIÓN PRODUCTO QUEMADO / COLOR DEL HUMO PRODUCIDO

Productos térmicos

Los productos térmicos derivados de una reacción de combustión pueden dividirse en llamas y calor.

Llamas

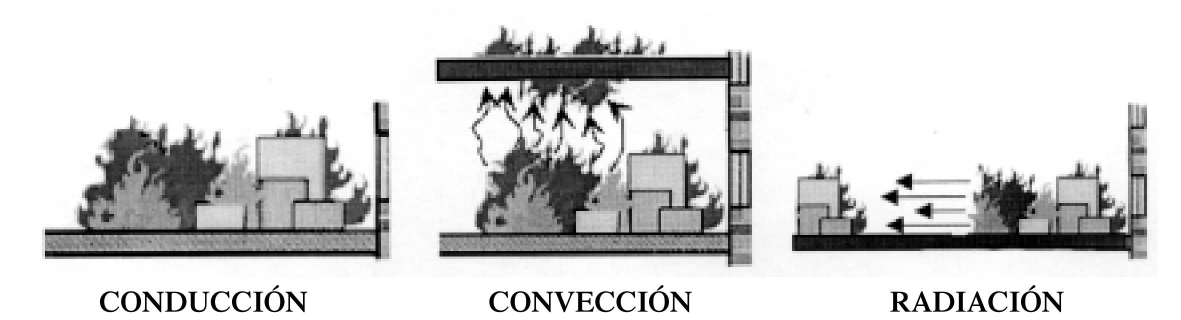
Las llamas junto con el humo, son los únicos productos de la combustión que son visibles.
Según la coloración de la llama, esto podrá indicar el tipo de combustible que está ardiendo y las condiciones (% de oxígeno) donde se está desarrollando la combustión.

Calor

De los productos de la combustión el calor es el principal responsable de la propagación del fuego y sus consecuencias; el calor se transmite por los métodos siguientes

Conducción
La transferencia del calor a través del propio material o con otro en contacto directo con el que está en combustión
Convección
El calor se transmite utilizando el aire como soporte; el aire caliente pesa menos que al aire frío y se mueve en sentido ascendente arrastrando el calor a las zonas altas
Radiación
Cuando el calor se transmite a través del espacio, el material en combustión actúa como emisor de ondas térmicas, cualquier otro material próximo se comporta como receptor de dichas ondas, éstas son absorbidas por el receptor hasta elevar la temperatura y provocar su auto-ignición.

Estos tres métodos no actúan por separado, cuando se produce un incendio, dependiendo del material del combustible, la manifestación de los tres es simultánea y nunca por separado.



CONDUCCIÓN **CONVECCIÓN** **RADIACIÓN**

Figura 18-3: FORMAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR

MÉTODOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Dependiendo del elemento del tetraedro del fuego sobre el que se actúe, existen básicamente cuatro métodos de extinción de incendios

- *Extinción por desalimentación:* **Eliminando o disminuyendo el material combustible**

Teóricamente es el método más directo y eficaz de extinción, pero por su complejidad raramente se aplica en la práctica a excepción de los fuegos que se producen en

combustibles líquidos y gaseosos. Retirar el combustible sólido en zonas próximas al fuego resulta muy laborioso, pero interrumpir el suministro de combustible líquido o transvasarlo actuando sobre las válvulas es sencillo; en el caso de combustibles gaseosos es casi obligada la aplicación de este mecanismo para garantizar la extinción y el control real.

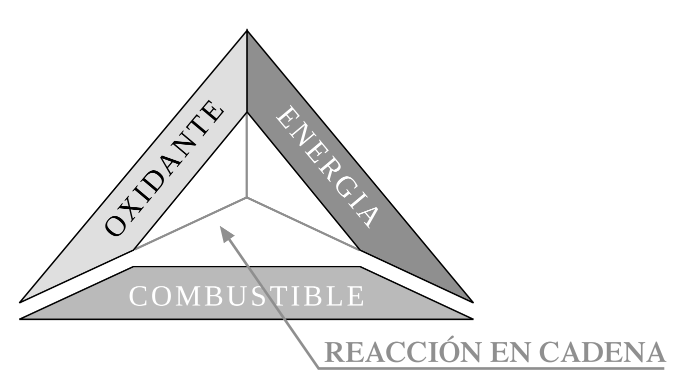


Figura 18-4

- *Extinción por sofocación:* **Eliminando o disminuyendo la concentración de oxígeno**

Para que se origine un fuego, debe existir una cantidad mínima de oxigeno; si se disminuye esta cantidad o se impide el contacto del oxigeno con el combustible, el fuego se apaga o no se produce. Este mecanismo se puede aplicar con resultados satisfactorios sobre los combustibles líquidos y gaseosos, teniendo en cuenta en estos últimos, el corte de suministro.

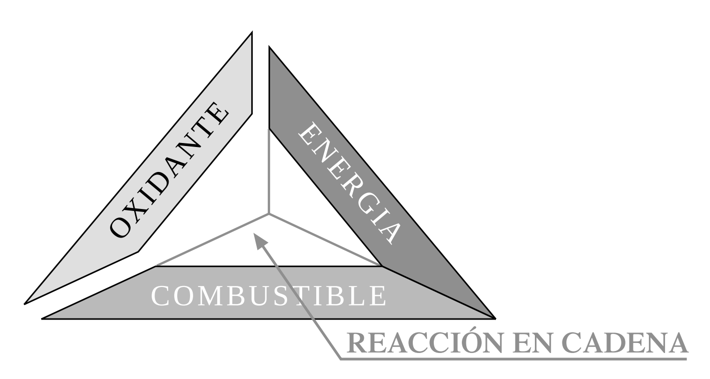


Figura 18-5

- *Extinción por enfriamiento:* **Disminuyendo la temperatura del material combustible**

Tanto los combustibles sólidos como los líquidos combustibles necesitan de un calentamiento previo antes de entrar en ignición, que les permita alcanzar su temperatura de inflamación. La velocidad y duración de esta propagación influye sobre la posibilidad de ignición. Los materiales sólidos, en comparación con los líquidos y gases inflamables, se consideran menos peligrosos porque no se evaporan fácilmente. Si el combustible se enfría, el ritmo de liberación de vapores se reducirá y no reaccionarán con el oxígeno y la combustión se controlará. Este mecanismo se puede aplicar con buenos resultados sobre los combustibles sólidos y los líquidos combustibles.

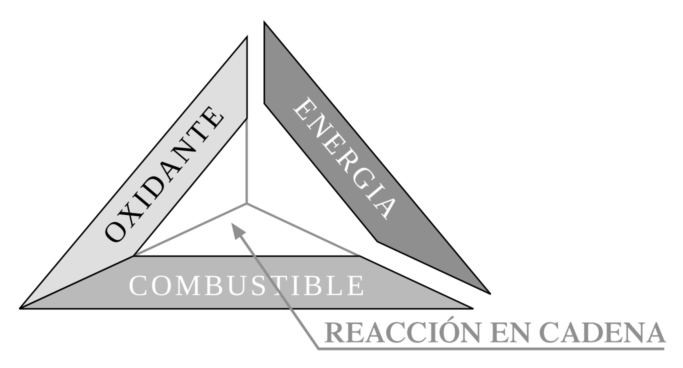


Figura 18-6

• *Extinción por inhibición de la llama:* **Eliminando la auto fuente de energía de activación:**

Los combustibles cuando arden desprenden llamas que son las que alimentan de energía a las reacciones de la combustión ya iniciada. Lo más sobresaliente de este mecanismo es la rapidez y efectividad con que se controla la combustión, debido a que actúa sobre el aporte de energía.

Agentes extintores

Los elementos o productos que se disponen para el control o extinción del fuego se denominan agentes extintores. Existe una gran variedad, disponiendo cada uno de ellos de unas determinadas características, físicas y/o químicas, capaces de interrumpir el proceso de la combustión.

La clasificación de los distintos agentes extintores está determinada por el estado natural en que se encuentran, sólidos, líquidos o gaseosos.

Dada su gran eficacia extintora, los halones se han venido utilizando de forma masiva hasta finales de los años ochenta. Se ha comprobado que su liberación afecta al deterioro de la capa de ozono dada su composición a base de metano y elementos halogenados (cloro, bromo y flúor). Por ello, la utilización de este tipo de agente extintor se está reduciendo rápidamente sobre todo desde la ratificación del Protocolo de Montreal en 1988, firmado por 87 países.

Por estas razones, los fabricantes llevan desarrollando desde hace algún tiempo, compuestos alternativos que no afecten a la capa de ozono y que tengan eficacias extintoras similares a los halones. Entre estos compuestos cabe destacar: CEA 410, NAF S-III, FM 200, FE 13, Argonte, Argón e Inergen

MEDIDAS BÁSICAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Las medidas preventivas son el conjunto de acciones orientadas a evitar, en lo previsible, el inicio de cualquier fuego y si este se produce, minimizar los efectos que puede provocar. Con carácter general, pueden señalarse algunas medidas de prevención de incendios:

• Sustituir los productos combustibles, por aquellos otros que revistan menor riesgo

• Ventilar los locales con riesgo de concentración de vapores

TIPO AGENTE EXTINTOR	AGENTES EXTINTORES	CARACTERÍSTICAS
SÓLIDOS	Polvo Químico Seco (P.Q.S.), Tipo B-C (bicarbonatos) Tipo A-B-C (fosfatos y resinas) Para metales (grafito, coque y fosfatos)	La eficacia extintora de este agente extintor esta basada en el tamaño de las partículas, la presión y velocidad de proyección y las propiedades físico-químicas de los compuestos. Actúan generalmente sobre la reacción en cadena
LíQUIDOS	Agua	Es el agente extintor más utilizado por su capacidad extintora, economía y disponibilidad/Diferente capacidad de extinción según tipo de proyección: a chorro, pulverizada, etc. Actúa por enfriamiento y sofocación
	Espumas físicas (proteínicas o sintéticas)	Es necesario combinar un espumógeno (elemento extintor), agua y aire. Actúan por enfriamiento y sofocación
GASEOSOS	CO_2	Actúa por sofocación. Precaución en su uso en locales interiores
	Halones Compuestos alternativos a los halones	Actúan sobre la reacción en cadena

Tabla 18-3: TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGENTES EXTINTORES

- Cuidar y velar por el orden y la limpieza en los locales de trabajo
- Almacenar y transportar los materiales combustibles en recipientes estancos
- Sustituir o disminuir la proporción de oxígeno mediante la utilización de gases inertes (CO_2, nitrógeno, etc.)
- Mantener los materiales combustibles en lugares frescos y alejados de focos de calor
- Mantener las instalaciones eléctricas en correcto estado según los reglamentos vigentes
- Recubrir o apantallar las áreas donde se lleven a cabo operaciones de soldadura
- Ignifugar tejidos, moquetas, etc.
- Señalizar aquellas zonas con riesgo de incendios
- Entrenar al personal necesario en el manejo de extintores y prevención de incendios
- No tirar cigarros a las papeleras



Figura 18-7: MEDIDAS PREVENTIVAS

Medios de protección contra incendios. Extintores portátiles

Los medios de Protección Contra Incendios, en cualquier actividad, tienen que ser el resultado de una adecuada Identificación y Evaluación de los riesgos determinados por las características de los combustibles, las zonas donde se encuentren y las posibles influencias.

Las consecuencias que puede producir un incendio, pérdidas humanas, pérdidas materiales o interrupción de la actividad industrial pueden suponer una amenaza importante para una organización. La selección de los medios más adecuados se realizará en función de la información obtenida del estudio de riesgos y ajustándose a los requisitos de la normativa vigente.

Las medidas activas de protección contra incendios están constituidas por el conjunto de equipos portátiles y sistemas automáticos que permiten detectar, almacenar, distribuir y proyectar los agentes extintores sobre el fuego. Los medios de extinción que actualmente se utilizan de forma más habitual, son:

- Instalaciones fijas (en interior o exterior)
  - + de agua
  - + de CO_2
  - + de halón o producto sustitutivo
  - + otros agentes extintores
- Equipos fijos de espuma
- Equipos fijos de agua (boca de incendio equipada, hidrantes, columna seca)
- Extintores portátiles
  - + de agua
  - + de CO_2
  - + de halón o producto sustitutivo
  - + de polvo químico (BC o ABC)
  - + otros agentes extintores

Como medida preventiva contra incendios pueden incluirse los sistemas de detección de incendios.

El más empleado de todos los medios de extinción es el extintor portátil. Un extintor portátil es un recipiente que permite el almacenamiento, el transporte y la proyección de un agente extintor sobre el fuego. Esta proyección puede ser consecuencia de una presión previa del agente extintor, de una reacción química o de una presión realizada por un gas auxiliar.

Generalmente, los incendios son pequeños conatos en su origen y pueden controlarse fácilmente siempre que exista en las proximidades, un extintor. Los extintores son la primera línea de defensa contra el fuego y debe quedar establecida su necesidad, independientemente de otros equipos de lucha contra el fuego. Las distancias entre extintores serán, en base al tipo de riesgo del lugar de trabajo:

- Riesgo Alto y Medio .... 15 metros
- Riesgo Bajo .... 20 metros

El emplazamiento de los extintores portátiles será en las zonas de acceso. La distribución tomando como base las distancias de separación y la superficie del local a proteger, colocados preferentemente sobre paramentos verticales y con su parte superior a una altura menor o igual a 1,70 metros.

PRECAUCIONES AL MANIPULAR UN EXTINTOR PORTÁTIL

Cuando se utilice un extintor se tendrá en cuenta que se está manejando un recipiente a presión, lo cual implica que se tienen que mantener una serie de precauciones con su manejo. En principio puede resultar lento, pero con la práctica se llega a realizar de forma rápida e instintiva; siempre se deberán realizar los pasos siguientes:

1.º Se comenzará por tener dominada la manguera y la boquilla de descarga, con lo que se evitará accidentes por posible rotura de las mismas.

2.º Retirar el seguro o pasador de seguridad de la palanca de accionamiento o presurización, teniendo cuidado en no manipular el dispositivo de accionamiento durante esta operación.

3.º Accionar la palanca de presurización, no sin antes haber comprobado que el cuerpo del operador se encuentra fuera del radio de acción de cualquier proyección que pueda provocar algún elemento del extintor.

Siempre debe tenerse en cuenta la adecuación del agente extintor que contiene el extintor portátil al tipo de fuego que se pretenda extinguir. Existen numerosos casos, en que la utilización de un extintor portátil inadecuado no sólo no es capaz de combatir el fuego sino que puede ayudar a su propagación.

	CLASE DE FUEGO			
	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D
Agua pulverizada	Excelente	Aceptable	Inaceptable	Inaceptable
Agua a chorro	Bueno	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
Polvo ABC	Bueno	Bueno	Bueno	Inaceptable
Polvo BC	Aceptable (*)	Excelente	Bueno	Inaceptable
Espuma	Bueno	Bueno	Inaceptable	Inaceptable
CO_2	Aceptable (*)	Aceptable	Bueno	Inaceptable
Halogenados	Aceptable	Aceptable	Inaceptable	Inaceptable
Productos específicos				Aceptable

* Son capaces de apagar las llamas, pero al conservar las materias sólidas la inercia térmica, las llamas vuelven a prender al cabo de pocos segundos de haber dejado de proyectar el agente extintor.

Tabla 18-4: TIPOS DE FUEGO Y EXTINTORES A UTILIZAR

Mantenimiento de los equipos de protección contra incendios

Según establece el **Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, el Real Decreto 1.942/1.993**, el mantenimiento mínimo a realizar sobre las mismas por el propietario de la instalación debe ser el que se recoge en la tabla siguiente:

Equipo o sistema	CADA	
	AÑO	CINCO AÑOS
Sistemas automáticos de detección y alarma de incendios.	Verificación integral de la instalación. Limpieza del equipo de centrales y accesorios. Verificación de uniones roscadas o soldadas. Limpieza y reglaje de relés. Regulación de tensiones e intensidades. Verificación de los equipos de transmisión de alarma. Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.	
Sistema manual de alarma de incendios.	Verificación integral de la instalación. Limpieza de sus componentes. Verificación de uniones roscadas o soldadas. Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.	
Extintores de incendio.	Verificación del estado de carga (peso, presión) y en el caso de extintores de polvo con botellín de impulsión, estado del agente extintor. Comprobación de la presión de impulsión del agente extintor. Estado de la manguera boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.	A partir de la fecha de timbrado del extintor (y por tres veces) se retimbrará el extintor de acuerdo con la ITC-MIE AP.5 del Reglamento de aparatos a presión sobre extintores de incendios ("Boletín Oficial del Estado" número 149, de 23 de junio de 1982).
Bocas de incendio equipadas (BIE).	Desmontaje de la manguera y ensayo de ésta en lugar adecuado.Comprobación del correcto funcionamiento de la boquilla en sus distintas posiciones y del sistema de cierre. Comprobación de la estanqueidad de los rácores y mangueras y estado de las juntas. Comprobación de la indicación del manómetro con otro de referencia (patrón acoplado en el racor de conexión de la manguera).	La manguera debe ser sometida a una presión de prueba de 15 Kg/cm^2.
Sistemas fijos de extinción: Rociadores de agua. Agua pulverizada Polvo Espuma Agentes extintores gaseosos	Comprobación integral, de acuerdo con las instrucciones del fabricante o instalador, incluyendo en todo caso: Verificación de los componentes del sistema, especialmente los dispositivos de disparo de alarma. Comprobación de la carga de agente extintor y del indicador de la misma (medida alternativa del peso o presión). Comprobación del estado del agente extintor. Prueba de la instalación en las condiciones de su recepción.	

Tabla 18-5: MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Existen otras exigencias de mantenimiento, cuya ejecución debe ser llevada a cabo por las empresas mantenedoras de dichas instalaciones. Para más información deberá acudirse al Real Decreto 1942/93 y modificaciones posteriores.

CAPÍTULO 19: DISPOSICIONES LEGALES DE AMBITO COMUNITARIO Y NACIONAL

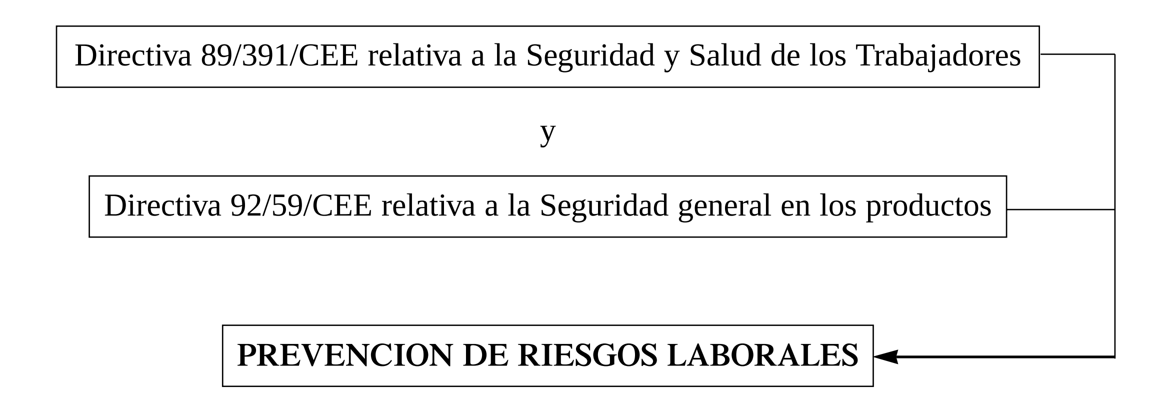
Ambito comunitario

La Unión Europea ha adoptado numerosas directivas en materia de política social que hacen referencia a la Seguridad y Salud y que constituyen la base sobre la que se apoyan las diferentes legislaciones nacionales en esta materia de cada uno de los países integrantes. El ingreso de España en la Unión Europea ha supuesto, por tanto, la adecuación de nuestra legislación a la normativa legal comunitaria.

El desarrollo de la **política comunitaria relativa a la seguridad y a la salud de los trabajadores** está basado en el artículo 118 A del Tratado de la CEE adoptado por el Acta Unica Europea.

El desarrollo de la **política comunitaria relativa a la seguridad del producto** está basado en el artículo 110A del Tratado de la CEE adoptado por el Acta Unica Europea. No debe olvidarse que un aspecto relacionado con la seguridad y salud de los trabajadores es la seguridad de los productos (productos, herramientas, equipos, sustancias, etc.) que se comercializan en los países y que intervienen en el trabajo. Para que un producto pueda ser comercializado en la Unión Europa debe cumplir los requisitos esenciales establecidos para este tipo de productos. En este sentido, la marca "CE" sobre un equipo, herramienta, etc. es garantía de producto seguro.

Mediante ambos artículos del Tratado de la CEE, la Unión Europea aborda la Prevención de Riesgos Laborales, que se concreta en el siguiente esquema.



Ambito nacional

El marco legislativo nacional que regula la Prevención de Riesgos Laborales se apoya básicamente en cuatro textos legales: la Constitución Española, el Estatuto de los

Trabajadores, la Ley de la Seguridad Social, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y demás disposiciones de desarrollo.

a) La Constitución Española

El articulo 40.2 de la Constitución Española encomienda a los poderes públicos velar por la seguridad e higiene en el trabajo. Este mandato constitucional obliga a desarrollar una política de protección de la salud de los trabajadores mediante la prevención de los riesgos derivados de su trabajo.

b) El Estatuto de los Trabajadores

En este ámbito, el Real Decreto 1/1995, que aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, establece, entre otros, los derechos y obligaciones de los trabajadores en materia de Seguridad y Salud, siendo de destacar las siguientes disposiciones:

- derecho de los trabajadores a su integridad física y a una adecuada política de seguridad e higiene.
- obligación de los trabajadores a observar las medidas de seguridad e higiene que se adopten.
- derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad e higiene
- obligación del trabajador a observar las medidas legales y reglamentarias de seguridad e higiene
- derecho de los trabajadores a participar, pro medio de sus representantes legales, en la inspección y control de las medidas de seguridad e higiene.
- derecho de los trabajadores a una formación práctica y adecuada en materia de seguridad en higiene.

c) La Ley de la Seguridad Social

La Ley General de la Seguridad Social, recoge ampliamente, entre otros, los aspectos relacionados con las responsabilidades, cotizaciones, prestaciones sanitarias y económicas relacionadas con la Seguridad y Salud.

Mediante esta Ley, el Estado garantiza la protección adecuada de los trabajadores frente a las contingencias de accidente de trabajo y enfermedad profesional.

Según esta Ley, la invalidez que puede ocasionar un accidente de trabajo puede clasificarse en:

- **Incapacidad permanente parcial:** Ocasiona una disminución no inferior al 33% en su rendimiento normal para su trabajo habitual.
- **Incapacidad permanente total:** Inhabilita al trabajador para desarrollar su trabajo habitual pero puede desarrollar otro tipo de trabajo.
- **Incapacidad permanente absoluta:** Inhabilita al trabajador para desarrollar su trabajo habitual y cualquier otro.

- **Gran invalidez:** Como consecuencia del daño producido, el trabajador necesita para sus actos más esenciales, la asistencia de otra persona.

d) La Ley de Prevención de Riesgos Laborales

La Ley de 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales es la transposición al derecho español de la Directiva 89/391/CEE relativa a la aplicación de las medidas para promover la mejora de la Seguridad y Salud de los trabajadores en el Trabajo.

Tercera parte

ERGONOMÍA

CAPÍTULO 20: CONCEPTOS GENERALES. ASPECTOS PRINCIPALES COMUNES. DISMINUCIÓN DE LA FATIGA. MEJORA DEL RENDIMIENTO.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ERGONOMÍA

De las técnicas aplicadas a la Prevención de Riesgos Laborales, actualmente se está utilizando la Ergonomía como técnica multidisciplinar dedicada a examinar las condiciones de trabajo con el fin de lograr la mejor armonía posible entre el hombre y el entorno laboral, consiguiendo también unas condiciones óptimas de confort y eficacia productiva. La Ergonomía como ciencia no surge espontáneamente sino que ha sido el fruto de una larga evolución, desarrollándose mediante el análisis de situaciones de trabajo, buscando una adaptación del puesto de trabajo y el ambiente que lo rodea al hombre que ejecuta un trabajo.

En el proceso de formación de la Ergonomía, cabe destacar que los métodos habituales fueron los de Análisis del Trabajo, es decir, procedimientos basados en observaciones más o menos sistematizadas que permiten adoptar decisiones de aplicación en función de una serie de reglas y recomendaciones empíricas basadas en una lógica natural. Esta hipótesis inicial no es válida en el caso de unos sistemas nuevos, cuyas condiciones operativas no han podido ser observadas jamás y para las que no han podido establecerse estas reglas y recomendaciones.

La aplicación de conocimientos basados en la experiencia, a los problemas del trabajo es tan antigua como el trabajo en sí, y podría decirse que se remonta a la fabricación de las primeras herramientas. Por ejemplo, las formas, el peso de los martillos, eran función de las características de la materia trabajada (madera, piedra, hierro,...) y del efecto buscado (precisión, fuerza,...) y dependientes de las de los hombres que los manejaban (dimensión de la mano, potencia muscular, control del peso,....). Ya en la antigüedad, los científicos han analizado las actividades humanas para comprenderlas, reducir su penosidad, mejorar su rendimiento. Así por ejemplo, Leonardo da Vinci en sus "Cuadernos de anatomía" (1498) investiga sobre los movimientos de los segmentos corporales y se le puede considerar como el precursor directo de la moderna biomecánica. Igualmente los análisis de Alberto Durero recogidos en "El arte de la medida" (1512) sirvieron de inicio a la moderna antropometría; incluso Juan de Dios Huarte en su "Examen de ingenios" (1575) busca la adecuación de las profesiones a las posibilidades de las personas.

Pero es a partir de la llamada Revolución Industrial, cuando se realizan las primeras investigaciones científicas en este campo. Fue a partir de la Revolución Industrial, cuando surge la exigencia de adaptación de los hombres a las nuevas y complejas máquinas. Ello puso de manifiesto la importancia de los factores humanos ya que, tal y como sigue diciendo este autor, "en sistemas complejos, donde parte de las funciones clásicamente ejecutadas por el hombre han podido ser sustituidas por máquinas, una incorrecta adaptación de las funciones humanas puede invalidar la fiabilidad de todo el sistema".

En esta etapa histórica no sólo se tenían en cuenta los factores físicos del hombre, sino también los fisiológicos y dimensionales que han tenido una función decisiva en el diseño de las máquinas.

Aunque ya en 1829 Dupine defendía la necesidad de ajustar las herramientas al hombre y no el hombre a las herramientas, y Karl Marx había denunciado en 1850: "la deshumanización del trabajo", en el que la máquina imponía su ritmo, durante toda esta etapa, el criterio básico de todos los estudios era solamente el de la eficacia mecánica; razón por la que como dice Laville, "bajo este patrón tecnocrático de conducta, un obrero, por ejemplo, tendrá que ajustar sus músculos, sus reflejos, su estatura, su envergadura y posición, sus brazos y manos a la altura, tamaño y condiciones de la máquina".

Esto explica la utilización durante toda esta etapa de la denominada "Human Factors Engineering" o "Ingeniería del factor humano", para definir los estudios sobre los procesos de trabajo, como respuesta científica a los problemas que planteaban los sistemas de organización industrial imperantes sobre todo en los Estados Unidos y en los que convergen investigaciones tanto en el campo de la biología, como de la fisiología del trabajo, la ingeniería, y la biomecánica del trabajo, dando lugar a la llamada "organización científica del trabajo".

Fue Taylor, quien se ocupó del estudio científico del trabajo, cuando a finales del pasado siglo comienza a analizar la organización del trabajo en los talleres mecánicos. Como es natural, estos talleres ya tenían una organización establecida; pero fue el primero que sometió a análisis esta organización, comprobando si las operaciones, se realizaban y ejecutaban de la manera más económica posible; es decir, si la relación entre la energía empleada y los resultados obtenidos podía hacerse mayor utilizando un nuevo procedimiento que con los métodos establecidos.

Sus primeras investigaciones datan de 1878 orientándose a individualizar, de entre el conjunto de movimientos que integran una tarea, cuáles de ellos no son necesarios, pudiendo suprimirlos, bien mediante adiestramiento del personal o con la mejora de las condiciones de trabajo. A continuación determinó, mediante numerosas experiencias con distintos tipos de trabajo, el ritmo más adecuado para alcanzar el rendimiento máximo, así por ejemplo, manejando piezas con un peso de 45 Kgs. cada una de ellas, el obrero no debe soportar la carga más de un 43% de la jornada. Posteriormente, centró su atención en la fijación de las dimensiones más adecuadas de algunos útiles de trabajo, para lograr el máximo rendimiento, determinando por ejemplo que en el paleo de materiales, el máximo rendimiento se logra utilizando palas con una capacidad de carga de 1/4 Kg.

El más importante de sus continuadores es F. B Gilbreth que sistematizó el estudio de movimientos y tiempos estableciendo los diagramas de procesos, en los que mediante símbolos convenidos, se representa el desarrollo de cada operación, con las diversas variables de las que depende el rendimiento en el trabajo. El análisis consistía en el estudio de los movimientos que realizaba el obrero, los trayectos que seguían los materiales que utilizaba, la colocación y tipo de las herramientas, etc., llegando a la conclusión de que existe un número óptimo de movimientos para cada trabajo, mediante los cuáles se obtiene el máximo de eficacia en el menor tiempo posible.

Con estos estudios, se establece la organización científica del trabajo como ciencia, ampliando el campo de estudio al análisis de muy variados problemas relacionados con la simplificación y racionalización del trabajo. Consecuencia de estas investigaciones fue la implantación y desarrollo de la producción en serie y el trabajo en cadena, en los que el operario pasa a ser considerado como parte integrante de la propia máquina; se prescinde de su condición humana y queda equiparado a una pieza más del motor que produce.

Efectivamente, la característica principal de esta organización científica del trabajo es instaurar normas rutinarias acordes con el ritmo regularizado y recurrente que asumen los movimientos del individuo, en gran parte adaptado a las necesidades de la máquina y no a la inversa.

El taylorismo y sus escuelas teóricas relacionadas, han sido criticadas durante la mayor parte de su existencia", y a veces tan ingeniosamente como lo hizo Chaplin en su película "Tiempos modernos".

Muchos de los aspectos negativos, producidos por esta subordinación total del hombre a la máquina se pusieron de manifiesto con la Primera Guerra Mundial. Se generaliza el uso de nuevos tipos de máquinas bélicas, como tanques y aviones, que en general eran diseñados de modo que se obtuviera una eficiencia mecánica máxima pero que exigían prolongados períodos de entrenamiento para conseguir que los hombres se adaptasen a su complejo, incómodo y peligroso manejo.

No obstante, tras esta guerra, y quizás debido a ella, la opinión pública empezó a sensibilizarse por los aspectos fisiológicos de las condiciones de trabajo: esfuerzo físico agobiante, nivel de ruido y de calor insoportables, aceleración de los ritmos, deterioro de las condiciones de higiene y de seguridad, etc., apareciendo una creciente preocupación por el individuo. Lógicamente y como dice Gustavsen, "los primeros esfuerzos por dar a estos conceptos una expresión práctica, se centraron en la industria a nivel de centro de trabajo, con objeto de cambiar los criterios de diseño de los puestos de trabajo".

En consecuencia, se empezó a considerar que el hombre no es una simple prolongación de la máquina, sino que forma, junto con ella, un "sistema" en el que se integran tanto los elementos materiales del puesto de trabajo, como el conjunto de factores humanos. Con ello y aún bajo una perspectiva mecanicista se trata de establecer la relación existente entre las condiciones de trabajo y el rendimiento a través de la medición de la "fatiga", a fin de llegar a establecer "las cargas fundamentales que rigen la eficacia humana".

Así por ejemplo, el francés Ch. Bedaux definió la cantidad de trabajo que el hombre normal podía efectuar por minuto en una jornada de 8 horas sin perjudicar su salud, con la que la unidad de medida del trabajo humano pasó a ser de 60 "Bedaux" a la hora, igualmente en los Estados Unidos hacia los años 20 se fundó el "Industrial Fatigue Research Board" (Consejo para el Estudio de la Fatiga en la Industria).

De otra parte y aunque ya en 1913, Hugo Munsterberg había publicado un libro titulado "Psicología y eficiencia industrial" y existía el "National Institute of Industrial Psychology" (Instituto Nacional de Psicología Industrial), los factores psicológicos no

empezaron a tomarse en consideración hasta que en 1927 Elton Mayo inició sus investigaciones en los talleres de Howthorne de la Western Electric Company con el propósito de poner en claro bajo qué condiciones de trabajo podría elevarse la producción, y que duraron 12 años.

Se modificó la iluminación o la duración de las pausas de descanso, y se observaron los cambios en el comportamiento y en la productividad de los trabajadores. Con ello, pudo demostrarse que el trabajador se involucra tanto material como mentalmente en su trabajo, razón por la que han de tenerse en cuenta no sólo los factores físicos y fisiológicos, sino también los psíquicos a los que responde en su mayor parte el comportamiento humano.

La historia más reciente de la Ergonomía comienza en EE.UU. tras la Revolución Industrial. Se desarrolla, bajo el nombre de "Human Factors", todo un conjunto de estudios sobre los aspectos físicos y comportamientos psíquicos del ser humano en el trabajo que culminan en 1929 con la creación del "Industrial Health Research Board" (Consejo para el Estudio de la Sanidad Industrial) que contaba entre su personal investigador con psicólogos, fisiólogos, médicos e ingenieros. Ello refleja este nuevo y creciente protagonismo de los factores humanos en el ámbito del trabajo industrial, ámbito que se verá superado ya en 1940 con motivo del inicio de la II Guerra Mundial, ya que con ella, apareció una nueva categoría de máquinas, máquinas que no demandaban esfuerzo muscular de su operador sino más bien capacidades sensoriales, perceptivas, de juicio y para tomar decisiones. Es en el campo de la aviación militar, donde en un plazo de seis años se pasó del biplano de madera monomotor a los primeros modelos de avión a reacción dotados de complejos sistemas de navegación y armamento. El control y manejo debía llevarse a cabo en situaciones especiales de altura y velocidad, poco adecuadas a las condiciones del ser humano.

Por vez primera, equipos de médicos, ingenieros y psicólogos trabajan conjuntamente para el ejército al hacerse evidente que el potencial de los equipos militares, no era aprovechado en su totalidad por sus operadores y a los que, por exigencias de la guerra, no era posible entrenar de forma prolongada. Se prefirió modificar el diseño de modo que se adaptaran mejor a las características tanto físicas como psíquicas del operador. En esta época, el estudio del rendimiento humano y de las relaciones hombre-máquina adquirió un gran impulso. También en esta época se empezaron a incorporar las aportaciones provenientes de los estudios sobre anatomía y fisiología funcional, procedentes del campo de la psicofisiología experimental, perceptiva y cognitiva.

Sobre estas experiencias y una vez finalizada la guerra se produjo un renovado interés por las condiciones en que el ser humano desarrolla su trabajo pero desde un nuevo enfoque, al considerar que la relación hombre-máquina-ambiente es una relación interactiva en la que los tres elementos han de ser vistos como componentes de un mismo sistema, con lo que el objeto de estudio pasará a ser el hombre en actividad o los intercambios reguladores entre el entorno laboral y el trabajador.

La primera aproximación al concepto de Ergonomía suele ser la etimológica, dado el evidente origen griego del término. Los dos vocablos "ergos" (trabajo) y "nomos" (ley o norma), de que deriva, confieren a este término un significado específico que sigue

siendo válido a pesar de las modificaciones que su contenido ha sufrido. Surge asi el término Ergonomía, apareciendo por vez primera en 1857, en un libro titulado "Compendio de Ergonomía o de la ciencia del trabajo basada en verdades tomadas de la naturaleza" escrito por el polaco Wojciech Jastrzebowki, y del que seguramente lo tomó el psicólogo inglés Hywel Murrel para denominar la primera organización especializada, la "Ergonomics Research Society", constituida en 1949 por un grupo interdisciplinar de expertos británicos y cuyo objetivo era el emprender estudios e investigaciones sobre los problemas del trabajo humano. Murrel, que puede ser considerado el "inventor" de la Ergonomía, la definió como "el conjunto de los estudios científicos de la interacción entre el hombre y su entorno de trabajo".

Mientras que en Norteamérica, y bajo la denominación genérica de "Human Factors" todos los estudios se han orientado a mejorar los procesos laborales en sí mismos, en Europa, y bajo la denominación específica de "Ergonomía", el objetivo básico es la mejora de las condiciones en que el hombre se desenvuelve en su entorno laboral.

Como afirma Wisner, "el movimiento europeo que adopta el nombre de Ergonomía se distingue esencialmente de los trabajos americanos de la Human Enginering" por la adopción de un doble criterio: el de productividad y el de carga de trabajo". Según puede comprobarse simplemente comparando el diferente objetivo a cubrir por este tipo de estudios:

Según los americanos Woodson y Conover, se trata de "una tentativa de aproximación a los problemas que se presentan en la concepción y la realización de los objetos utilizados por el hombre, que tiene por objeto el permitir al futuro usuario, una mayor eficacia y una menor posibilidad de error en la utilización de estos objetos".

La Ergonomía desarrollada en el sur de Europa, es "el conjunto de conocimientos científicos relativos al hombre y necesarios para concebir útiles, máquinas y dispositivos que puedan ser utilizados con la máxima eficacia, seguridad y confort".

Por tanto, a la Ergonomía le preocupan los aspectos cualitativos de la actividad y no sólo los cuantitativos del trabajo, ya que cada día se comprende mejor que el diseño y disposición de herramientas, equipo y lugares de trabajo, así como el control de las condiciones ambientales (ventilación, ruido, iluminación, temperatura, etc.), e incluso la organización de los propios procesos operativos a realizar (postura y atención requerida, tiempos y secuencias de actuación, carga y estrés producido, etc.) más adecuadas, contribuye de manera considerable al bienestar y rendimiento de los trabajadores al reducir la fatiga física y la tensión nerviosa.

La Ergonomía en el marco preventivo no trata de modificar al hombre sino sus condiciones de trabajo y se orienta principalmente a la protección del trabajador, no al aumento de la producción, razón por la que en la Ergonomía se valoran los aspectos subjetivos del hombre; mientras que los Human Factors se limitan al estudio de sus aspectos objetivos. Para el fisiólogo Scherrer, "se podría decir que la Fisiología y la Psicología del trabajo estudian la adaptación del hombre a su tarea, sin embargo, la Ergonomía tiene por fin modificar ésta y obtener las condiciones óptimas de la actividad"; pudiéndose decir que en tanto que los Human Factors determinan las

condiciones mínimas del "nivel de seguridad" en el trabajo, la Ergonomía en cambio establece las condiciones máximas de "nivel de calidad" en el trabajo. Ergonomía e Ingeniería humana no son sinónimos, por cuanto en la primera el objetivo último es el bienestar global del hombre, mientras que en la segunda sólo lo es su capacidad productiva.

Se plantea así el dilema de si debe adaptarse el hombre al trabajo, o el trabajo al hombre. En otros términos y como dice Marcolli, "si se estudian los objetos y las máquinas adecuadas a la fisiología humana a fin de que el hombre se adapte al trabajo, para un mayor rendimiento y una mejor prestación, para un aumento, por consiguiente, de la productividad industrial, o bien que el trabajo se adapte al hombre, a la medida humana, y asuma, por tanto, significados más humanos", considerando, como lo hace Peters, que "los medios de trabajo ideados y creados con perfección ergonómica ayudan a evitar daños a la salud y sus negativas consecuencias económicas".

La aplicación básica de la Ergonomía es concebir y modificar los puestos de trabajo en función de las capacidades de los operarios y de su comportamiento en el trabajo. La Agencia Europea para la Productividad, dependiente de la organización para la Cooperación Económica Europea, más tarde convertida en la "Organización para Cooperación y Desarrollo Europeo" (O.C.D.E.) estableció en 1955 una sección de "Factores Humanos para el estudio de la Adaptación del trabajo al trabajador" cuyas primeras conclusiones fueron presentadas en el año 1957 en Leiden (Holanda) donde se planteó la necesidad de alguna clase de organización que pudiera continuar y extender la cooperación internacional en este campo, lo que tuvo lugar en París el año 1958, en que se toma la decisión de crear la "Asociación Internacional de Ergonomía", cuyo I Congreso tuvo lugar en Estocolmo en 1961.

En todo caso y aunque se trate de enfoques distintos lo cierto es que, tanto si hablamos de Factores Humanos como si lo hacemos de Ergonomía su finalidad consiste en estudiar las interrelaciones hombre-máquina, la "adecuación" entre las dimensiones y capacidades del ser humano y las máquinas que éste construye para que le ayuden", razón por la que, durante mucho tiempo el ámbito de la Ergonomía, al igual que el de los Factores Humanos, ha estado reducido, como señalan los rusos Munipov y Zinchenko dicen, "a la optimización multidimensional de la actividad laboral", e incluso actualmente y para muchos, desde una visión simplista y parcial, éste sigue siendo su exclusivo campo de aplicación.

Si la Ergonomía resulta de términos como equipo o máquina, puede actualmente hacerse extensiva a todos los instrumentos utilizados por las personas para realizar cualquier tarea. Todo puede entrar en el amplio concepto de "objeto-herramienta", cuyo diseño y realización debe llevarse a cabo en función de los factores ergonómicos que establecen sus relaciones con el hombre que las va a utilizar".

Los resultados obtenidos en el campo militar, permitieron no sólo reforzar la importancia de la Ergonomía como tal, sino que amplió su ámbito de actuación. Esto dio lugar en la década de los 50 a intervenciones en el campo del Diseño Industrial, en la que las posibles soluciones a aportar debían estar científicamente justificadas, probadas y modificadas antes de su fabricación. En la década inmediatamente después de la

Segunda Guerra Mundial, los más destacados diseñadores del momento empezaron a potenciar la investigación empírica de la función. Estaban en la creencia de que un producto agradable de manipular contribuye al bienestar general, incorporándose así el uso y aplicación de la Ergonomía al diseño de todo tipo de objetos, artefactos y equipos de uso común, para adecuarlos a las características, necesidades y limitaciones del previsto usuario.

Ya no eran sólo los ingenieros quienes concebían ergonomicamente el ámbito laboral y las máquinas-herramientas para mejorar los procesos de producción industrial, también los diseñadores y arquitectos aplicaban la Ergonomía en la concepción de los objetos y espacios de uso cotidiano. Se inicia así una ampliación de la Ergonomía, en la que se alcanza ya un ámbito global de aplicación extendido a la totalidad del entorno habitable en un loable afán de elevar el nivel de calidad de vida del hombre.

DEFINICIÓN DE ERGONOMÍA

No existe una definición única de Ergonomía, pero todas las conocidas y que aquí se citan, tienen en común, al menos como filosofía básica, tratar del estudio del hombre en actividad laboral, su relación con los instrumentos y las máquinas que utiliza en un medio físico que no siempre está adaptado.

Considerando lo ya mencionado, la mayor parte de las múltiples y variadas definiciones que del concepto de Ergonomía podemos encontrar en la bibliografía especializada se centran en el limitado campo de lo laboral; y así por ejemplo:

Para *Murrel* (1965) "la Ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral".

Glosario ergonómico de la acción comunitaria ergonómica: La Ergonomía es la relación entre el hombre y su trabajo, sus equipos y su ambiente y en particular, la aplicación de los conocimientos anatómicos, fisiológicos y psicológicos a los problemas que engendra esta relación.

Grandjean (1969) la considera como "el estudio del comportamiento del hombre en su trabajo".

Para *Faverge* (1970) "es el análisis de los procesos industriales centrado en los hombres que aseguran su funcionamiento".

Según *Montmollin* (1970) "es una tecnología de las comunicaciones dentro de los sistemas hombre-máquina".

Para *Cazamian* (1973) "la Ergonomía es el estudio multidisciplinar del trabajo humano que pretende descubrir sus leyes para formular mejor sus reglas".

Igualmente ocurre en aquellas otras definiciones elaboradas con un carácter más general por organismos e instituciones como puede comprobarse en las de la

Organización Internacional de Normalización (ISO) que definía en 1961 la Ergonomía como "la aplicación de las ciencias biológicas del hombre, junto con las ciencias de ingeniería, para lograr la adaptación mutua óptima del hombre y su trabajo, midiéndose los beneficios en términos de eficiencia y bienestar del hombre".

El Ministerio de Trabajo de nuestro país la define (1974) como la "Tecnología que se ocupa de las relaciones entre el hombre y el trabajo".

O la propia Real Academia Española que en la última edición de su diccionario (1992), la define como "el estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina".

En la década de los 80 se formularon definiciones como es el caso de PHEASANT según el cual la Ergonomía busca "acomodar el lugar de trabajo, al sujeto y el producto al usuario", y especialmente McCORMICK para el que, de una forma mucho más generalista y global, la Ergonomía es "el proceso de diseño para uso humano".

Actualmente la Asociación Internacional de Ergonomía la define como el "Conjunto de conocimientos científicos aplicados para que el trabajo, los sistemas, productos y ambientes se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona". Igualmente, en la misma línea, la Asociación Española de Ergonomía la considera como "El conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar".

LA ERGONOMÍA EN EL ÁMBITO NORMATIVO

No resultan muy abundantes las referencias legales sobre esta disciplina preventiva, a continuación señalamos los párrafos y normas donde de modo mas claramente se alude a su materia de estudio.

Ley de Prevención de Riesgos Laborales:

Definiciones:

Articulo 4 *Condición de trabajo: Cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para el trabajador. Se incluyen: locales y equipos del centro de trabajo, agentes físicos y químicos del ambiente, la organización y el tiempo de trabajo, etc.*

Principios de la acción preventiva:

Articulo 15, apartados d) y g) *Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud. g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo".*

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.

RD 486/97: sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (resumen) **Objeto:** Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los lugares de trabajo. No es de aplicación a los medios de transporte, obras de construcción temporales o moviles, industrias de extracción, buques de pesca, trabajos agrícola o forestal situados fuera de la zona edificada de los centros de trabajo.
Definiciones: **Lugares de trabajo:** Son las áreas del centro de trabajo edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a los que puedan acceder en razón de su trabajo. Se consideran incluidos los servicios higiénicos, los locales de descanso y primeros auxilios y los comedores. Las instalaciones de servicio o protección anejas a los lugares de trabajo se consideran como parte integrante de los mismos.
Obligaciones del empresario: Adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajos no origine riesgos, y si no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo. En los distintos anexos se detallan las condiciones a cumplir.
Entrada en vigor: Para lugares de trabajo de nuevo uso: 23. 07.97 y para lugares de trabajos actualmente en uso: 23.10.97
ANEXO I : Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo

Lugares de trabajo utilizados por primera vez

1. *Seguridad estructural*

Estructura y solidez apropiadas a su tipo de utilización. Todos sus elementos , estructurales o de servicio, incluidas las plataformas de trabajo, escaleras y escalas, deberán:

- Tener solidez y resistencia
- Un sistema armado, sujeción o apoyo que asegure su estabilidad
- Se prohibe sobrecargar. El acceso a techos o cubiertas que no ofrezcan suficientes garantías de resistencia solo podrá autorizarse cuando se proporcionen los equipos necesarios para que el trabajo, pueda realizarse de forma segura

2. *Espacios de trabajo y zonas peligrosas*

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Dimensiones mínimas:

- Altura: 3 m o 2, 5 m en oficinas y despachos
- Superficie: 2 m^2 libres por trabajador
- Volumen: 10 m^3 no ocupados por trabajador

La separación entre los elementos materiales será suficiente. Cuando por razones inherentes al puesto de trabajo, el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesaria para desarrollar su actividad deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo.

Deberán tomarse las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores autorizados a acceder a las zonas de los lugares de trabajo donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos. deberá disponer en la medida de los posible de un sistema que impida que los trabajadores no autorizados puedan acceder a dichas zonas.

Las zonas de los lugares de trabajo en los que exista riesgo de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas

3. *Suelos, aberturas y desniveles, y barandillas*

Suelos fijos, estables y no resbaladizos, sin irregularidades ni pendientes peligrosas.

Las aberturas y desniveles deberán protegerse, en particular:

- Las aberturas en suelos
- Las aberturas en paredes o tabiques
- Los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 60 cm. de altura. Los lados cerrados tendrán un pasamanos, a una altura mínima 90 cm.

4. *Los tabiques y puertas transparentes o translúcidos deberán estar señalizados a la altura de la vista. Las ventanas y vanos deberán limpiarse sin riesgo*

5. *Vías de circulación*

- Anchura mínima de puertas exteriores: 0,80 m.
- Anchura mínima de pasillos: 1 m.

6. *Puertas y portones*

7. Rampas, escaleras fijas y de servicio

En los pavimentos perforados ("tramex") las aberturas máximas de los intersticios será de 8 mm.

Rampas: • pendiente máxima 12% si la longitud es menor de 3 metros.
• pendiente máxima 10% si la longitud es menor de 10 metros.
• pendiente máxima 8% si la longitud es mayor de 10 metros.

Escaleras: anchura mínima, 1 metro, huella: 23-26 centímetros, contrahuella: 13-20 centímetros.

Escaleras de servicio: anchura mínima, 0,55 metro, huella mínima de 15 centímetros, contrahuella máxima de 25 centímetros.

La altura máxima entre los descansos será de 3,7 metros.

8. Escalas fijas.

Anchura: mínima de 40 centímetros y distancia máxima entre peldaños: 30 centímetros.

Aquellas de altura superior a 4 metros dispondrán de protección circundante.

Las de altura superior a 9 metros dispondrán de plataformas de descanso cada 9 metros o fracción.

9. Escaleras de mano

- Dispondrán de elementos de seguridad que impidan su apertura al ser utilizadas
- No podrán ser utilizadas por dos o mas personas simultáneamente
- Se prohibe la utilización de escaleras de madera pintadas

10. Vías y salidas de evacuación

- Deben permanecer libres de obstaculos
- Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior, no cerrarse con llave y estar señalizadas al igual que los recorridos de evacuación.
- Las vías y salidas de evacuación estarán equipadas con iluminación de seguridad

11. Condiciones de protección contra incendios

12. Instalación eléctrica

13. Minusválidos

ANEXO II: Orden, limpieza y mantenimiento

Zonas de paso, salidas y vias de circulación, especialmente las previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberan permanecer libre de obstaculos.

En los lugares de trabajo e instalaciones, se eliminaran con rapidez los productos residuales peligrosos

ANEXO III: Condiciones ambientales

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- Temperaturas trabajos sedentarios oficinas: 17º-27º C
- Temperaturas trabajos ligeros: 14º-25º C
- Humedad relativa: 30-70%, con riesgos de electricidad estática < 50%

Evitar corrientes de aire, siguientes limites:
- Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 metro/s.
- Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 metro/s.
- Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 metro/s.

Renovaciones aire: 30 -50 metro^3/h/trabajador

ANEXO IV: Iluminación de los lugares de trabajo

Niveles mínimos de iluminación:·
- En zonas donde se ejecuten tareas
  - Bajas exigencias visuales .... 100 lux
  - Exigencias visuales moderadas .... 200 lux
  - Exigencias visuales altas .... 500 lux
  - Exigencias visuales muy altas .... 1000 lux
- Áreas o locales de uso ocasional .... 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual .... 100 lux
- Vias de circulación de uso ocasional .... 25 lux
- Vias de circulación de uso habitual .... 50 lux

Será lo mas uniforme posible y se evitaran los deslumbramientos

ANEXO V: Servicios higiénicos y locales de descanso

Locales de trabajo utilizados por primera vez dispondran de:
- Agua potable
- Vestuarios, duchas, lavabos y retretes

Locales de descanso. Deberan adoptarse medidas de protección para los no fumadores
Locales provisionales y locales al aire libre

ANEXO VI: Material y locales de primeros auxilios

Los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios.
El material se revisará periodicamente y repondrá.

RD 488/97: sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativa al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización (resumen)

Objeto:
Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos que incluyan pantalla de visualización de datos (ordenadores y terminales).
Se excluyen del ámbito de aplicación del RD entre otros: los puestos de conducción de vehículos o maquinas, calculadoras, registradoras,.... y los equipos portátiles si no se usan de modo continuado en el puesto de trabajo.

Definiciones:
Pantalla de visualización, puesto de trabajo (equipo informatico + programas + mobiliario + accesorios + entorno), trabajador (cualquier trabajador que habitualmente y durante una parte relevante de su trabajo normal utilice una pantalla de visualización de datos).

Obligaciones:

- Evaluar los riesgos teniendo en cuenta en particular los posibles riesgos para la vista, los problemas físicos y de carga mental así como el efecto combinado de los mismos. La evaluación se hará en base al tiempo promedio de utilización diaria, tiempo máximo de atención continuada y grado de atención de la tarea.
- Vigilancia especifica de la salud. Reconocimientos antes del trabajo con PDV y de forma periódica cuando aparezcan trastornos. Reconocimiento oftalmológico si fuese necesario.
- Formación e información adecuadas sobre el uso de equipos y sobre los riesgos asociados al trabajo con pantalla de visualización de datos, antes de comenzar este tipo de trabajo y al modificar de forma apreciable la organización del trabajo.

PLAZO DE ADAPTACIÓN DE LOS EQUIPOS CON PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

Los equipos de nueva creación deberán estar adaptados a los requisitos establecidos en anexo y los ya existentes tendrán un plazo de doce meses desde la entrada en vigor del RD

ANEXO: DISPOSICIONES MÍNIMAS

1. EQUIPO

Pantalla: Caracteres bien definidos, configurados de forma clara, de dimensiones suficientes, disponiendo de un espacio adecuado entre los caracteres y los renglones

- Imagen estable
- Posibilidad de ajuste de la luminosidad y contraste
- Orientable e inclinable. Podrá disponerse sobre un pedestal o mesa regulable

Teclado:

- Inclinable, independiente de la pantalla, de superficie mate
- Con espacio suficiente delante del teclado para apoyar brazos y manos
- Disposición del teclado y características de las teclas que facilite su utilización
- Los símbolos deberán resaltar suficientemente y ser legibles en la posición de trabajo normal.

Mesa: Poco reflectante, dimensiones suficientes permitiendo una colocación flexible de la pantalla, del teclado, de los documentos y del material accesorio.

El soporte de los documentos permite reducir al mínimo los movimientos incómodos de la cabeza y los ojos

Asiento: Estable, procurando al usuario libertad de movimientos y una postura confortable. Altura regulable y reposapiés para quien lo desee

EQUIPO

Espacio: Dimensión suficiente y estar acondicionado de tal manera que haya espacio suficiente para permitir los cambios de postura y movimientos de trabajo.

Iluminación: La iluminación general y la iluminación especial deberán garantizar unos niveles adecuados y unas relaciones adecuadas de luminancias. El acondicionamiento del lugar de trabajo y el puesto de trabajo deben evitar los deslumbramientos y los reflejos molestos en la pantalla u otras partes del equipo.

Reflejos y deslumbramientos: Los puestos deben instalarse de forma que no provoquen deslumbramiento directo ni produzcan reflejos molestos en la pantalla.

Las ventanas deben equiparse con un dispositivo de cobertura adecuado y regulable para atenuar la luz del día que ilumine el puesto de trabajo.

Ruido: El ruido producido por los equipos instalados en el puesto de trabajo deberá tenerse en cuenta al diseñar el mismo, en especial para que no se perturbe la atención ni la palabra.

Calor: Los equipos no deberán producir un calor adicional.

Emisiones: Toda radiación excepción hecha de la parte visible deberá reducirse a niveles insignificantes.

Humedad: Aceptable

INTERCONEXIÓN ORDENADOR/PERSONA

- El programa habrá de estar adaptado a la tarea que deba realizarse.
- Ser fácil de utilizar y deberá poder adaptarse al nivel de conocimientos y experiencia del usuario. No deberá utilizarse ningún dispositivo cuantitativo o cualitativo de control sin que los trabajadores hayan sido informados y previa consulta con sus representantes.
- Proporcionar indicaciones sobre su desarrollo.
- Mostrar la información en un formato y a un ritmo adaptado a los operadores.

Los principios de ergonomia deben aplicarse en particular al tratamiento de la información por parte de las personas.

***RD 487/97: sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores** (RESUMEN)*

DEFINICIÓN:

Se entenderá por MMC, cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de, uno o varios trabajadores, como el LEVANTAMIENTO, COLOCACIÓN, EMPUJE, TRACCIÓN O DESPLAZAMIENTO, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, en particular, dorsolumbares a los trabajadores.

ANEXO: Factores de riesgo

1. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:

La MMC puede presentar un riesgo, si la CARGA:

- Es demasiado pesada o grande.
- Es voluminosa o difícil de sujetar.
- Esta en equilibrio inestable o su contenido se puede desplazar.
- Si ha de manipularse a distancia del tronco, con torsión o inclinación.
- Si por un aspecto exterior o consistencia puede ocasionar lesiones, particularmente en caso de golpes.

2. ESFUERZO FÍSICO NECESARIO:

Un esfuerzo físico puede entrañar riesgo:

- Si es demasiado importante.
- Si se realiza mediante un movimiento de torsión o flexión del tronco.
- Si puede acarrear un movimiento brusco de la carga.
- Si se realiza con el cuerpo en posición inestable.
- Si se trata de alzar o descender una carga con necesidad de modificar el agarre.

2. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO DE TRABAJO:

El medio puede aumentar el riesgo:

- Si el espacio físico libre, particularmente el vertical es insuficiente.
- Suelo irregular o resbaladizo.
- Si no permite la MMC a una altura segura/postura correcta.
- Si el suelo o plano de trabajo tiene desniveles.
- Si el suelo o punto de apoyo son inestables.
- Si la Tª. humedad o circulación del aire son inadecuados.
- Si la iluminación no es adecuada.
- Si existe exposición a vibraciones.

4. EXIGENCIAS DE LA ACTIVIDAD:

La actividad puede entrañar riesgos en casos de:

- Esfuerzos físicos son demasiado frecuentes/prolongados.
- Insuficiente el periodo de reposo/ recuperación.
- Distancias de elevación descenso o transporte son demasiado grandes.
- Ritmo impuesto por el proceso no se puede modular.

5. FACTORES INDIVIDUALES

- Falta de aptitud física.
- Ropa, calzado, efectos personales inadecuados.
- Insuficiencia / inadaptación de los conocimientos / formación.
- Existencia de patología lumbar.

DISMINUCIÓN DE LA FATIGA. MEJORA DEL RENDIMIENTO

La Ergonomía tiene numerosos campos de aplicación en los que ha desarrollado metodologías propias, desde el punto de vista preventivo, trata de optimizar los procesos de producción. La ergonomía del trabajo tiene por objeto estudiar al trabajador en su relación con las tareas, herramientas y la producción. Este estudio ha de conducirse a evitar accidentes y patologías laborales, disminuir la fatiga física y mental y aumentar el nivel de satisfacción del trabajador. Además de este objetivo humano/social que conlleva la mejora de las condiciones de trabajo, la aplicación de la Ergonomía en el ámbito laboral produce a la larga unos beneficios económicos asociados a un incremento de la productividad y a la disminución de los costes provocados por los errores y sus consecuencias.

La aplicación de la Ergonomía al ámbito laboral se centra fundamentalmente en la optimización de los siguientes aspectos:

- ❑ Herramientas y útiles de trabajo
- ❑ Condiciones ambientales
- ❑ Mandos e indicadores
- ❑ Entorno del puesto de trabajo
- ❑ Carga física y carga mental.

El diseño de los puestos de trabajo trata de configurar equipos y espacios para facilitar la ejecución de las tareas, incluye mesas, mostradores, ubicación de los útiles/herramientas de trabajo sobre las áreas de trabajo, el mobiliario, la postura de trabajo, almacenamiento,… En general, se trata de conseguir realizar el trabajo con las posturas adecuadas y sin la realización de esfuerzos innecesarios

El trabajo es una actividad en la que, ante las exigencias de una tarea, el individuo pone en marcha una serie de recursos, capacidades, habilidades, etc.; unas conductas, en definitiva, tanto físicas como psíquicas, con el objeto de dar satisfacción a los requerimientos de esa tarea.

Históricamente, el trabajo implicaba la realización de muchas tareas de carácter físico; esto requería del trabajador una mayor utilización de sus capacidades físicas que de sus capacidades psíquicas, pero actualmente esta relación se ha invertido. Tras la mecanización y la automatización, son las máquinas las que ejecutan el trabajo físico que antes realizaban las personas. No obstante, todavía existen numerosas actividades en las que el trabajo físico que se realiza es importante y en las que un inadecuado diseño de ese trabajo puede provocar en el trabajador situaciones de disconfort, insatisfacción e incluso puede posibilitar la aparición de diversas patologías.

Por esto, la Ergonomía estudia las características y el contenido del trabajo (qué intensidad es necesaria, qué tipo de esfuerzos requiere, qué grupos musculares están implicados en la ejecución de la tarea, qué posturas han de adoptarse, etc.); estudia también las condiciones ambientales (ruido, calor, vibraciones, etc.) y las condiciones de organización (ritmos de trabajo, pausas, etc.) en las que se realiza ese trabajo; además, estudia las características individuales que pueden tener algún tipo de incidencia en la ejecución del trabajo, tales como el sexo, la edad, la condición física, el grado de adiestramiento, el estilo de vida y de alimentación.

Así, a partir del estudio de las características de los individuos, la Ergonomía se ocupa de señalar las condiciones o las medidas que debe reunir el trabajo, tanto para su correcta ejecución como para evitar consecuencias molestas y/o perjudiciales sobre los individuos.

Al abordar la carga física, se identifican las consecuencias perjudiciales del trabajo físico que con más frecuencia se dan en los trabajadores, de la generación de esas patologías, de su evaluación y de las medidas preventivas que deberían tomarse para evitar que se den ese tipo de consecuencias.

También se trata la fatiga muscular, las lesiones en la extremidad superior y de las lumbalgias. En general, las causas que están implicadas en la aparición de estos tipos de consecuencias son bastante similares (realización de grandes esfuerzos continuados, estáticos y dinámicos, la adopción de posturas forzadas, la repetición de un determinado esfuerzo, escasos tiempos de descanso y recuperación), así como también las medidas preventivas necesarias para evitarlas.

Las exigencias físicas en el trabajo determinan la Carga Física objetiva del trabajo y la carga física que el trabajo representa para el individuo. Pueden ser entendidas como manipulación manual, esfuerzos físicos y microtraumatismos repetitivos. Su evaluación y conocimiento es comprensible desde aproximaciones biomecánicas (comportamiento del sistema musculoesqueletico), desde las cargas de esfuerzo o cantidad de trabajo (variables metabólicas y cardiovasculares y desde un enfoque psicofísico (a partir de las relaciones entre sensaciones y estímulos físicos)

Se puede definir la *carga física* de trabajo como el conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometida la persona a lo largo de su jornada laboral. Esos requerimientos físicos suponen la realización de una serie de esfuerzos; así, todo trabajo requiere por parte del operario un consumo de energía tanto mayor, cuanto mayor sea el esfuerzo solicitado.

Al consumo de energía producido como consecuencia del trabajo lo denominamos metabolismo de trabajo. Respecto al consumo de energía admisible para una actividad física profesional repetida durante varios años, se fija un metabolismo de trabajo de 2.000-2.500 Kcal/día. Cuando se supera este valor, el trabajo se considera pesado.

En relación con la carga de trabajo se encuentra el concepto de fatiga que es la consecuencia de una carga de trabajo excesiva. La generación de fatiga está relacionada con la superación de unos máximos de consumo de energía, pero también depende del tipo de trabajo muscular que deba realizarse.

La potencia muscular máxima puede ser desarrollada entre los 25 y 35 años

Se distinguen dos tipos de esfuerzos musculares totalmente diferentes, aunque en la práctica la frontera entre ellos no es fácil de determinar y que son:

- Esfuerzo muscular estático.
- Esfuerzo muscular dinámico.

El trabajo muscular lo calificamos de estático cuando la contracción de los músculos, puestos en acción, es continua y se mantiene durante un cierto periodo de tiempo. A este tipo de esfuerzo corresponderían las contracciones musculares isométricas.

El trabajo dinámico produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos de muy corta duración. A este tipo de esfuerzo corresponderían las contracciones musculares isotónicas. Estas contracciones musculares requieren un aporte de energía y de oxígeno para realizarse y producen, a su vez, unos residuos obtenidos como consecuencia del trabajo, que se han de evacuar. Todo ello se realiza a través de la sangre

Uno de los objetivo primordiales de la ergonomía es la optimización del esfuerzo realizado previniendo la aparición de la fatiga. Podemos definir la fatiga como *la disminución de la capacidad física del individuo, después de haber realizado un trabajo, durante un tiempo determinado.* La fatiga constituye un fenómeno complejo que se caracteriza porque el operario baja el ritmo de actividad, nota cansancio, los movimientos se hacen más torpes e inseguros y va acompañada de una sensación de malestar e insatisfacción.

La fatiga puede responder a múltiples factores dependientes tanto del individuo (factores corporales, factores físicos, entrenamiento y adaptación) como de las condiciones de trabajo (naturaleza y condiciones ambientales) y circunstancias acompañantes.

Tradicionalmente, se ha considerado que el origen de la fatiga muscular se halla en el aporte de sangre al músculo (irrigación sanguínea). La contracción muscular requiere un aporte de energía y de oxígeno para realizarse y produce, a su vez, unos desechos (dióxido de carbono, ácido láctico) que se han de eliminar.

En el caso de un esfuerzo estático, conforme aumentamos la fuerza desarrollada, más difícil es el aporte sanguíneo al músculo, dado que éste comprime los vasos sanguíneos que se hallan en su interior, disminuyendo e incluso anulando el riego. La falta de oxígeno derivada de esta situación lleva a la utilización de la vía anaeróbica para la obtención de energía, utilizando las limitadas reservas de glicógeno hasta agotarlas, y a la producción aumentada del ácido láctico con la consiguiente acumulación local del mismo. Además, y esto es casi lo más importante, los residuos no pueden ser eliminados y se acumulan, desencadenando un dolor agudo, típico de la fatiga muscular, que nos fuerza a interrumpir el trabajo.

Cuando se trata de un trabajo dinámico, la sucesión de contracciones y relajamientos actúa a manera de una bomba sobre la circulación sanguínea; las contracciones facilitan la expulsión de la sangre, mientras que las relajaciones consecutivas permiten una nueva irrigación del músculo.

El músculo está, por tanto, bien irrigado al aumentar la circulación sanguínea y, al mismo tiempo, los residuos producidos son eliminados con mayor rapidez, impidiéndose su concentración.

En resumen, la máxima cantidad de trabajo que puede realizar un músculo está condicionada por el ritmo de trabajo, la tensión muscular y la circulación sanguínea. La aparición, por consiguiente, de la fatiga estará relacionada con el mantenimiento de la irrigación y, en definitiva, con el aporte de oxígeno a la célula muscular.

Unas exigencias físicas de trabajo que sobrepasen las capacidades del individuo (sobrecarga de trabajo) pueden llevar a éste a una situación de fatiga muscular entendida como una disminución progresiva de la capacidad de seguir realizando el trabajo al mismo nivel. Cuando esta situación se mantiene durante tiempo, la fatiga no solamente puede tener efecto sobre el/los músculo/s directamente implicados en la ejecución del trabajo, sino que puede entrañar una fatiga de músculos que no han realizado un trabajo e incluso del sistema nervioso.

Así, pasaríamos de una fatiga normal que implica un deterioro pasajero de la capacidad de trabajo de ciertas partes del cuerpo y que es fácilmente reversible a través del descanso, a una fatiga crónica o patológica con graves repercusiones de carácter general sobre el cuerpo humano, y difícilmente reversible.

Por otra parte, es muy importante considerar el papel de la ergonomía en el diseño de herramientas y útiles en el entorno laboral, ya que estos elementos tienen un impacto muy grande en la mayoría de las tareas industriales, al originar sobrecargas en las estructuras del miembro superior. Los estudios sobre herramientas tienen las siguientes finalidades:

- ❑ Adaptarlas a la tarea, considerando los requisitos de agarre de fuerza o bien de precisión de operaciones.
- ❑ Adaptarlas a los trabajadores, teniendo en cuenta la antropometría de la mano, la capacidad de fuerza y movilidad y otras características de las personas a la hora de elegir formas, dimensiones, materiales y modo de operación de la herramienta.
- ❑ Disminuir la sobrecarga en articulaciones, ligamentos, músculos de los miembros superiores, evitando posturas forzadas y movimientos repetitivos, minimizando la fuerza necesaria para utilizar la herramienta y evitando la transmisión de vibraciones.

Otros elementos importantes en la interacción entre el hombre y la tarea, son los mandos e indicadores mediante:

- Ubicación adecuada en las zonas de mejor visión(indicadores) y mejor alcance (mandos).
- Facilidad de manejo mediante formas, dimensiones adaptadas al usuario, en este caso al trabajador.
- Funcionamiento intuitivo de acuerdo con las reacciones espontáneas de los operadores a través de la llamada "evidencia del uso".
- Ofreciendo mensajes claros de simple interpretación.

También relacionado con los indicadores y mandos es el diseño de las interfases informáticas y pantallas y teclados y la configuración de programas.

Todo lo anterior junto con un adecuado control de las condiciones ambientales constituirá sin duda el aporte de la Ergonomía a la reducción de la carga física de trabajo, la disminución de la fatiga y la mejora del rendimiento.

CAPÍTULO 21: CORRECCIÓN DE POSICIONES Y AMBIENTES. APLICACIÓN A DIVERSAS FORMAS DE ACTIVIDADES CONCRETAS.

La Ergonomía del ambiente físico, trata de adecuar el entorno más inmediato en que el operador desarrolla su actividad. Ello es llevado a cabo mediante un tratamiento cualitativo de este ambiente físico considerando aquellos factores que son descartados por la Higiene Industrial al no suponer un riesgo de enfermedad profesional, profundizando en los aspectos que relacionan el ambiente físico con la realización de una actividad. Trataremos principalmente los ambientes acústico, luminoso y térmico.

AMBIENTE ACÚSTICO

Los Criterios de exposición al ruido, se elaboran en base a consideraciones objetivas / subjetivas de las poblaciones expuestas, de manera que no interfieran de forma directa o indirecta el desarrollo de la actividad humana, entendiendo ésta, desde las ocupaciones de un puesto de trabajo, sin que ello represente riesgo para el oído, hasta aquellas situaciones, que requieran condiciones acústicas especiales.

Los efectos que se han tenido en cuenta para la elaboración de criterios en diversos estudios realizados a nivel internacional, puede resumirse en los siguientes:

- ➡ Pérdida de audición inducida por la exposición al ruido.
- ➡ Interferencia con la comunicación.
- ➡ Interferencia con el descanso.
- ➡ Interferencia en la concentración y trabajo mental.

Con carácter general podemos distinguir tres tipos de criterios claramente diferenciados:

1.- Criterios de exposición al ruido laboral.
2.- Criterios de calidad acústica en interiores.
3.- Criterios sobre exposición al ruido urbano.

Nos ocuparemos únicamente de los dos primeros, ya que el tercer punto queda fuera del ámbito laboral.

Criterio de exposición al ruido laboral

La protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, queda claramente establecida en la directiva comunitaria CEE 86/88 cuyas exigencias se incorporaron a nuestra legislación a través del R.D. 1316/1989 de obligado cumplimiento en todos los lugares de trabajo.

Se pretende así, limitar los niveles acústicos en los centros de trabajo para preservar a las personas expuestas de los riesgos de contraer sordera de tipo profesional o disminución de la capacidad auditiva.

A tal efecto se define el siguiente **CRITERIO:**

- ✥ *Con carácter general, el diseño de la maquinaria y equipos, se realizará tomando las medidas oportunas, para que el nivel de ruido medido a 1 metro de distancia del foco emisor o de su insonorización en su caso, no sobrepase los 85 dB(A), garantizando que el nivel de exposición ponderado de los trabajadores medido como NDE (Nivel Diario Equivalente), no sobrepase los 80 dB(A).*
- ✥ *Sobre los equipos se indicará claramente:*
  - *Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado (A) siempre que supere los 80 dB(A).*
  - *Nivel de Pico, siempre que supere los 140 dB.*

Tales valores se establecen para satisfacer las exigencias del actual Reglamento de ruido *"R.D. 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo".*

Criterios de calidad acústica en interiores

Los siguientes criterios (recomendaciones) pretenden limitar el ruido de fondo o el generado por los útiles de trabajo de manera que no impidan el desarrollo de una actividad específica. son esencialmente criterios de confort en el trabajo, y consecuentemente hay que fijarlos atendiendo a las características particulares en cada caso, siendo de utilidad su consideración en salas de control, oficinas, puestos informáticos, etc.

Las molestias producidas por niveles de ruido inferiores a 80 dB(A), se ven incrementadas de forma notable por los requerimientos que comporte el tipo de actividad desarrollada, a lo que se une una componente de subjetividad personal importante. Tales efectos han sido ampliamente estudiados, y la respuesta de la población frente a distintos niveles de ruido se representan en forma aproximada en el la figura 21-1.

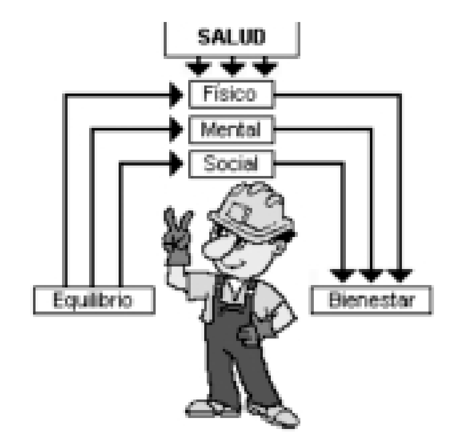


Figura 21-1

El gráfico nos indica el porcentaje de personas que se sienten muy molestas en función del nivel de ruido existente. Si a ello unimos determinadas características del trabajo, podemos establecer con carácter general las siguientes recomendaciones de aplicación práctica.

ACTIVIDAD DESARROLLADA	NIVEL DE RUIDO dB(A)	
	OPTIMO	ACEPTABLE
Oficinas de tipo general	55	65
Puestos informáticos (PDV's)	50	60
Cabinas de grúas - maquinistas	55	60
Puestos de mando. Operadores de proceso	55	65
Trabajos con máquina de escribir o similar	60	70
Trabajos que requieran alta concentración	50	55

Tabla 21-1: NIVEL SONORO RECOMENDABLE SEGÚN ACTIVIDAD

Bajo la óptica ergonómica es aconsejable también considerar algunos de los atributos del ruido, tal es el caso de la frecuencia, dado que, idénticos niveles de presión acústica producen sensaciones claramente diferenciadas en función del mayor o menor contenido de tonos graves y agudos.

En determinados casos particulares puede ser de interés considerar el índice de malestar en función de los niveles de ruido conjuntamente con la frecuencia tal como representamos en la figura 21-2.

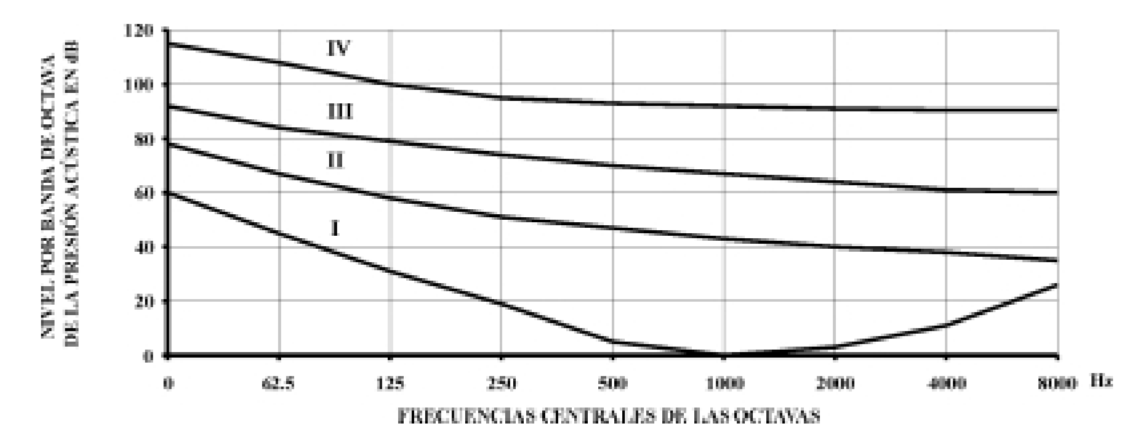


Tabla 21-2: RELACIÓN ÍNDICE DE MALESTAR POR RUIDO-FRECUENCIA

ZONA I	– El trabajo intelectual complejo no está perturbado de forma apreciable
ZONA II	– El trabajo intelectual complejo resulta difícil. – El trabajo corriente administrativo o comercial no resulta perturbado de forma clara.
ZONA III	– El trabajo intelectual es muy penoso. – El trabajo administrativo corriente es difícil.
ZONA IV	– Una exposición prolongada determina la sordera profesional.

Tabla 21-3

El ruido es considerado como fenómeno molesto o elemento perturbador al tener efectos sobre la comunicación entre los trabajadores, la concentración y ejecución de tareas complejas. Estos efectos perturbadores del ruido sobre la actividad serán diferentes en función del estado fisiológico o anímico del individuo. La ergonomía trata de

establecer las correspondencias oportunas entre tipo de ruido y actividad de trabajo preservando, en ocasiones, informaciones sonoras que dificultan la inteligibilidad pero que hacen inteligible el proceso por cuanto tiene un significado para los operadores aún cuando sean a menudo imperceptibles para una persona no experimentada. Ruidos significativos (la comunicación oral) interfieren en las tareas mentales complejas, pero pueden atenuar los efectos de la monotonía en tareas simples y repetitivas. La comunicación verbal eficaz depende tanto de la capacidad de quien habla para producir sonidos y palabras correctas, como de la habilidad del que escucha para recibir, comprender y descodificar estos sonidos y palabras. Un ambiente ruidoso interfiere en esta fase, originando lo que se describe como fenómeno de "enmascaramiento". Este fenómeno tiene una particular consideración cuando se trata de detectar y discernir señales, en presencia de un ruido de fondo. Los posibles efectos del ruido se hacen patentes en la existencia de omisiones y errores de percepción.

AMBIENTE TÉRMICO

En lo que se refiere a los efectos de un Ambiente Térmico inadecuado, además de la influencia que las sensaciones de disconfort tienen sobre la actividad y realización del trabajo, al disminuir el rendimiento físico, aumento de los errores, etc. los criterios ergonómicos o de confort son: el método de Fanger y el de la Temperatura Efectiva.

El *Método* de Fanger o *Indice Medio* de Valoración (IMV), es un procedimiento que combina los parámetros climáticos con variables individuales no generalizables al 100% de la población. En él se muestra que con unas condiciones climáticas neutras nunca se llega a un nivel de satisfacción general, existiendo siempre un 5% de insatisfechos.

El *Método* de la Temperatura *Efectiva,* basado en que dos ambientes diferentes por sus características físicas se consideran equivalentes cuando los sujetos no perciben ninguna modificación de la sensación térmica.

El hombre es un ser de sangre caliente que mantiene una temperatura interna alrededor de los 37ºC. El organismo dispone de un sistema de termorregulación que le permite conservar una temperatura constante a pesar de las variaciones climáticas y energéticas ligadas a su trabajo. Este equilibrio térmico es controlado por el hipotálamo. En un ambiente frío cuando el cuerpo necesita conservar y generar calor, el hipotálamo hace que los vasos sanguíneos se constriñan y que disminuya el aporte de sangre a la superficie cutánea, causando en la piel un color azulado y bajando la temperatura de la misma hasta 28ºC. Por el contrario, en un ambiente caliente el organismo acelera el transporte de calor desde las partes internas (cerebro, vísceras, etc.) hacia la piel, por el incremento del caudal sanguíneo y la vasodilatación. Si la temperatura profunda del cuerpo se incrementa a más de 42ºC se puede presentar un golpe de calor (hipertermia) y a menos que se trate con agentes enfriadores puede provocar un colapso y la muerte del individuo.

Siempre que existan diferencias de temperaturas entre dos o más cuerpos, puede transferirse calor. La transferencia neta de calor siempre se producirá desde el cuerpo (u objeto) de mayor temperatura hacia el de temperatura más baja mediante uno o más de los siguientes mecanismos:

- *Conducción.* Es la transferencia de calor desde un punto a otro dentro de un cuerpo, o de un cuerpo a otro cuando ambos están en contacto físico, en un medio inmóvil.

- *Convección.* Es la transferencia de calor de un lugar a otro por movimiento gaseoso y líquido. La convección natural en el resultado de diferencias de densidad causadas por diferencias de temperatura. Como el aire caliente es menos denso que el frío, el primero asciende en relación con el aire frío y viceversa.

- *Radiación.* Es el proceso por el cual la energía electromagnética (visible e infrarroja) es trasmitida a través del espacio sin la presencia o movimiento de materia.

Existen dos fuentes de calor que son importantes para cualquiera que trabaje en un ambiente caliente:

a) *calor interno generado metabólicamente:* El calor metabólico es un subproducto de los procesos químicos que se producen en el interior de las células, tejidos y órganos.

b) *calor externo impuesto por el ambiente:* El calor del ambiente es importante porque influye sobre la velocidad de intercambio calórico del cuerpo con el ambiente y, en consecuencia, con la facilidad con que el cuerpo puede regular y mantener una temperatura normal.

El intercambio calórico neto entre una persona y su ambiente puede ser expresado por:

$$H = M \pm R \pm C - E \pm D$$

donde: H: Aumento de calor acumulado en el cuerpo
M: Ganancia de calor metabólico
R: Aumento de calor por radiación o infrarrojo
C: Aumento de calor por convección
E: Pérdida de calor por evaporación
D: Aumento de calor por conducción

Deben considerarse todos los términos de esta ecuación. El aumento de calor acumulado (H) es el factor clave fundamental porque determina en forma directa el estrés calórico potencial. En un caso ideal los términos de la derecha de la ecuación se ajustarán para mantener H cerca de cero. *Cuando H se vuelve positivo, aumenta el estrés.* Debe determinarse cada uno de los términos de la ecuación.

La **ganancia de calor metabólico** (M) está compuesta por el metabolismo basal o de reposo que proporciona la energía necesaria para mantener el funcionamiento del organismo y por el metabolismo de trabajo que provee la energía necesaria para que el cuerpo realice tareas específicas. El metabolismo sólo puede agregar calor al cuerpo, por lo tanto, M siempre es positivo ($M > 0$).

La **ganancia de calor radiante** (R) es energía en forma de longitudes de onda que se transforma en calor cuando choca con un objeto. Que el cuerpo humano emita o reciba energía radiante depende de la temperatura del cuerpo y de los objetos que lo rodean. Por lo tanto, R puede ser negativo o positivo (R > ó < 0).

La **ganancia de calor por convección** (C) es la cantidad de energía calórica transferida entre la piel y el aire. La temperatura normal de la piel del cuerpo humano es de 35ºC. Si la temperatura ambiente excede de la de la piel el cuerpo se calentará. Si las temperaturas del aire son inferiores a la de la piel provocarán el enfriamiento del cuerpo.

El término E corresponde a la **pérdida de calor por evaporación.** La evaporación de la transpiración reduce el calor del cuerpo y por lo tanto su valor es siempre negativo (E < 0). El empleo de ventiladores y soplantes para aumentar E, es un método común de enfriamiento.

La **carga de calor conductivo** (D) es la energía calórica transferida entre partes del cuerpo y otros objetos con los que están en contacto directo. Normalmente, su valor es insignificante y puede ser despreciado, excepto en casos especiales como cuando una persona está sumergida en un baño de hielo o agua.

La regulación de la temperatura del cuerpo es una función fisiológica importante y el ambiente con sus diferentes parámetros es quien determina la posibilidad de lograrlo.

Sin embargo, la transferencia de calor seco entre la piel y la superficie externa del cuerpo vestido es bastante complicada e implica la transmisión interna y los procesos de radiación en los espacios de aire intermedios, así como la conducción a través de la vestimenta. Estas variables se tienen en cuenta a la hora de considerar los efectos de la temperatura sobre la confortabilidad, aceptándose internacionalmente una unidad adimensional de resistencia termal, desde la piel hasta la superficie externa del cuerpo: el **clo**, que se define como "la cantidad de aislamiento necesario para mantener la temperatura de la piel a 33ºC en un cuarto a 21ºC con una velocidad del aire de 0,1 m/s y una humedad relativa que no exceda del 50 % para una actividad escasa o ligera". El rango va desde la desnudez (0 clo) hasta los trajes de lana muy pesados para los ambientes polares (3 ó 4 clo).

Tipo de ropa	**Valor Clo**
Uniforme de trabajo de verano	0.6
Batas de algodón	1.0
Uniforme de trabajo de invierno	1.4
Protección antihumedad, permeable	1.2

Tabla 21-3: VALOR CLO DE DISTINTOS TIPOS DE VESTIDO

Parámetros del ambiente térmico

*1) Temperatura seca (Ts)***:**

La temperatura del aire interviene en la determinación de los intercambios por convección a nivel del hombre. La medida de esta magnitud se efectúa con termómetros clásicos.

2) Temperatura húmeda (Th):

La humedad del aire interviene en la determinación de los intercambios de aíre por evaporación. A partir de ella se puede deducir la presión parcial de vapor de agua en el aire. Se mide mediante sicrómetros o higrómetros. La temperatura húmeda se puede también medir directamente con un termómetro húmedo.

3) Velocidad del aire:

La velocidad del aire se mide con unos aparatos denominados anemómetros mecánicos o eléctricos. Influye en los intercambios de calor por convección y evaporación.

4) Temperatura radiante (Tg):

La temperatura media de radiación caracteriza el flujo de calor radiante. Este parámetro, que es muy importante para determinar la carga térmica, resulta de difícil determinación en aquellos lugares en los que existen diferente superficies radiantes a distintas temperaturas. La medición se efectúa por el termómetro de globo negro, que tiene la propiedad de absorber todas las radiaciones electromagnéticas. El termómetro de globo negro tiene como casi todos los termómetros un tiempo de respuesta, o de estabilización de la lectura bastante largo, alrededor de 25 minutos.

Criterios de confort

• Criterios subjetivos (índice de confort):

Se utilizan para definir zonas de confort y entre los más conocidos se encuentran:

Ábaco de las Zonas de Confort Térmico:

Permite determinar a partir de la temperatura seca (Ts) y la temperatura húmeda (Th) la calidad del ambiente térmico.

Temperatura efectiva:

Dos ambientes diferentes por sus características físicas se consideran equivalentes cuando los sujetos no perciben ninguna modificación de la sensación térmica. Para buscar la temperatura efectiva, se parte de la medición de la temperatura húmeda (Th), de la temperatura seca (Ts) y la velocidad del aire llevándose estos valores al ábaco.

En el caso de medios y situaciones con notable calor radiante (locales orientados al sol con amplios ventanales, máquinas generadoras de calor, etc.) se sustituye la (Ts) por la temperatura radiante (Tg).

• Criterios fisiológicos:

A las variables físicas determinadas por el ambiente se añaden unas variables fisiológicas estrechamente ligadas a la temperatura corporal, a la producción de calor

generada por el trabajo, la aptitud física, la posición del sujeto, la temperatura central, la frecuencia cardiaca. Dos de los métodos más conocidos para evaluar el riesgo del trabajo en un ambiente de calor y fijar el tiempo de reposo en función de la penosidad de la tarea son:

Equilibrio del balance térmico

El equilibrio de la ecuación no es posible más que si las pérdidas en kilocalorías en el ambiente son iguales al aporte calórico del metabolismo. Cuando las pérdidas son inferiores al aporte de calor el balance térmico es positivo y ello significa un incremento de la temperatura central, de la temperatura de la piel y de la frecuencia cardíaca. Si el aumento de la temperatura central pasa de 1,2ºC, la termorregulación no funciona con normalidad. Existe un límite que no se debe sobrepasar y viene dado por la fórmula:

$$GT = P \times C\,(0.67\,\Delta tn + 0.33\,\Delta tp)$$

siendo:

P: peso del cuerpo.
C: calor especifico del cuerpo 0,8 kcal/Kg ºC.
Δtn: variación de la temperatura central (1,2 ºC máx.).
Δtn: variación media temperatura de la piel (5 ºC máx.).

Este limite GT es igual al balance térmico horario multiplicado por la duración de la exposición. Si se quiere reducir este límite deben preveerse unos tiempos de reposo o por el contrario, unos tiempos máximos de exposición:

$$de = \frac{GT}{H}$$

Índice WBGT

Al objeto de limitar la exposición al calor se establecen los siguientes criterios generales que definen los valores permitidos en función del Índice WBGT y el tipo de actividad.

ACTIVIDAD	ÍNDICE WBGT
Ligera	29
Media	27
Pesada	25

Tabla 21-3: ÍNDICE WBGT EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD

El Índice WBGT se determina mediante la siguiente expresión:
- En interiores o exteriores sin carga solar: **WBGT = 0,7 Th + 0,3 Tg**
- En exteriores con carga solar: **WBGT = 0,7 Th + 0,2 Tg + 0,1 Ta**

siendo Th = Temperatura húmeda
Tg = Temperatura radiante
Ta = Temperatura del aire

Si la exposición al calor no es continua, los valores permitidos pueden extraerse de forma más detallada según el gráfico:

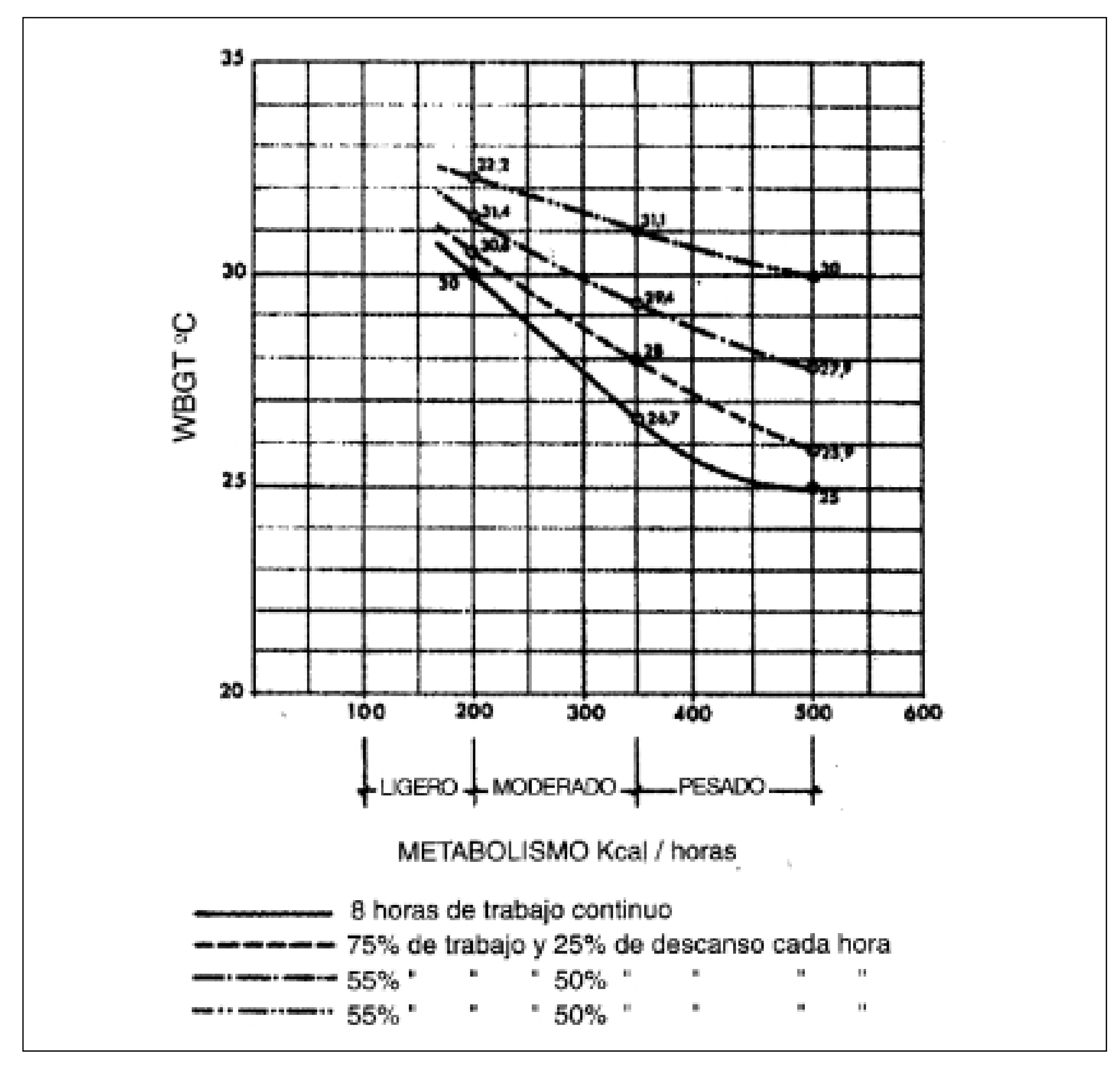


Figura 21-3: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ÍNDICE WBGT SEGÚN ACTIVIDAD Y EXPOSICIÓN

AMBIENTE LUMINOSO

Para que la actividad laboral se pueda llevar a cabo de manera correcta es necesario que la visión e iluminación se complementen. Esa adecuación implica unas condiciones optimas para ejecutar eficazmente el trabajo, sin fatiga. La iluminación del puesto de trabajo tiene por objeto:

- favorecer al máximo la percepción de la información visual utilizada en el trabajo
- asegurar un nivel adecuado para la buena ejecución de la tarea
- procurar el mayor confort visual posible. Esto implica la existencia de un contraste adecuado en el entorno de la tarea a realizar, la ausencia de deslumbramientos tanto de las propias fuentes luminosas como de las superficies del entorno de trabajo y que el color de la fuente de luz sea adecuado a la tarea.



Figura 21-4: FACTORES MÁS IMPORTANTES QUE INFLUYEN SOBRE EL ENTORNO Y RENDIMIENTO VISUALES

En la práctica, estos objetivos se alcanzan diseñando un ambiente visual que considere las posibilidades fisiológicas de la persona. En el esquema anterior se indican los factores que inciden sobre el rendimiento visual del trabajador. Cada uno de ellos es susceptible, de influir sobre el rendimiento visual del trabajador. De ello se desprende que cualquier avance en los factores mencionados supondría un avance en el rendimiento y las condiciones de trabajo. Este hecho va mas allá del problema de la "cantidad" en la iluminación (iluminancia).

El ojo humano es el órgano fisiológico mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz y color; transforma la energía luminosa en energía nerviosa que es transmitida al cerebro a través del nervio óptico.

El campo visual del hombre está limitado por un ángulo de unos 130º en sentido vertical y de unos 180 º en sentido horizontal

Las radiaciones de la luz visible están comprendidas entre 380 y 780 nm, que son los límites de sensibilidad del ojo. El ojo tiene una mayor sensibilidad en visión diurna o fotópica, para la longitud de onda de 555 nm que corresponde con el amarillo verdoso y mínima para los colores extremos del espectro visible: violeta y rojo; eso significa una mayor eficacia de las fuentes de luz amarillo verdosas. En visión nocturna hay un desplazamiento hacia la derecha (efecto Purkinje) y las radiaciones de menor longitud de onda (violeta y azul) provocan mas sensación de luminosidad con baja que con alta iluminación, y a la inversa con los colores del extremo del rojo.

Conceptos generales que influyen en la iluminación

Adaptación: Es el proceso que interviene cuando el ojo se ajusta a la luminosidad y/o al color del campo de visión. Este ajuste se lleva a cabo en la pupila, mediante su movimiento de cierre y apertura en función de la iluminación que ha de llegar al

cristalino. Cuando se pasa de una zona muy iluminada a otra completamente a oscuras el ojo se ve sometido a un proceso de adaptación que dura para un ajuste total unos 30 minutos, cuando se pasa de un local oscuro a otro bien iluminado, dicho periodo es de solo unos segundos.

Acomodación: Ajuste focal del ojo, normalmente espontaneo, a fin de tener la máxima agudeza visual en una variedad de distancias. Este ajuste se produce variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o relajación de los músculos ciliares. Cuanto mas próximo está el objeto la curva se hace mayor. La capacidad de acomodación del ojo disminuye con la edad a consecuencia del endurecimiento del cristalino.

Agudeza visual: Capacidad para distinguir objetos y detalles situados muy próximos unos a otros. Una persona tiene buena agudeza visual cuando puede leer sin esfuerzo, distinguir los detalles de un objeto minúsculo o reconocer un objeto a larga distancia. La agudeza visual de una persona de 60 años es aproximadamente un 75% respecto a una de 20 años.

Magnitudes luminosas fundamentales

Flujo luminoso: La energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa se denomina flujo luminoso. La potencia eléctrica que consume una lampara no se restituye íntegramente como luz visible, una parte es energía térmica: aproximadamente un 70 % para una lampara incandescente. La parte de la potencia radiada se llama flujo energético y se mide en vatios (W) al igual que el consumo eléctrico. La potencia radiada por la lampara bajo la forma visible, es el flujo luminoso y se mide en lúmenes (lm).

Intensidad luminosa: Una fuente no emite radiación, por lo general, de la misma manera en todas las direcciones. Para describir el reparto del flujo luminoso se mide el flujo por unidad de ángulo sólido en cada dirección. El flujo luminoso (lm) por unidad de ángulo sólido (esteroradian, sr) en una dirección se llama intensidad luminosa en esta dirección y se mide en candelas (cd). 1 cd es igual a 1 lm/ 1 sr.

Iluminación: Es una magnitud que se refiere a la cantidad de iluminación y que suele constituir el punto de partida para el calculo de un sistema de iluminación. Se define como la luz emitida por una fuente que cae sobre una superficie. Esta magnitud mide el flujo luminoso (lm) recibido en una unidad de superficie (m^2) y la unidad de medida es el lux . El aparato que mide la iluminancia es el luxómetro; que consiste en una célula fotoeléctrica que al incidir la luz sobre su superficie genera una corriente que se mide directamente en un miliamperimetro calibrado en lux.

Luminancia: Corresponde con el brillo de una parte de una fuente luminosa o con la luminosidad de una superficie. Se define como la intensidad luminosa (cd) emitida por unidad de superficie (m^2) en la dirección de la mirada. Es una magnitud "visible" ya que el deslumbramiento es el resultado de la visión simultánea o sucesiva de zonas que tienen luminancias muy diferentes. Se expresa en cd/m^2 y se mide con el luminancímetro.

Coeficiente reflexión: Cualquier superficie (mesa, pared,...) que recibe una luz devuelve parte de la misma. El coeficiente de reflexión (comprendido entre 0 y 1) es la proporción del flujo luminoso devuelto por la superficie. Es 0 para una superficie completamente negra e igual a 1 para un espejo ideal. El coeficiente de reflexión depende del color y del estado de la superficie. La luminancia de una superficie esta relacionada con la iluminación que la recibe y con su coeficiente de reflexión r por la formula:

$L = E \cdot r / \pi$, siendo L en cd/m^2 , E en lux , r adimensional y $\pi = 3,1416$

Así por ejemplo con una iluminación de 500 lux, una hoja negra (r = 0,05) y una hoja blanca (r = 0,80) tendrán por luminancias 8 cd/m^2 y 127 cd/m^2 respectivamente.

Contraste: Es la diferencia relativa de la luminancia (del brillo) entre dos superficies contiguas. La percepción de un objeto depende principalmente del contraste de luminancia y/o del color entre el objeto y el fondo sobre el que destaca

$$C = L_2 - L_1 / L_1$$

donde L_1 y L_2 representan la luminancia del fondo y del objeto respectivamente

El índice de reproducción cromático o rendimiento en color es una expresión que indica el efecto de una fuente de luz sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina. El índice tiene un valor máximo de 100 que resulta si la distribución espectral de la fuente a ensayar y de la lampara patrón son idénticas.

Factores que influyen en la visibilidad

Los principales factores que influyen en la visión y la percepción son:

– El nivel de iluminación
– La distribución de la iluminación
– La distribución de la luminancia
– El color de la luz

Niveles de iluminación

Son función de las exigencias visuales de la tarea, de la experiencia práctica y de la necesidad de una utilización optima de la energía con el menor costo. Los valores que se dan en el cuadro siguiente (extracto de la norma ISO 8995) constituyen los niveles recomendados en función del tipo de local, de tarea o de actividad.. Se adoptarán los valores más elevados cuando los factores de reflexión y los contrastes sean bajos, cuando la precisión tenga una gran importancia, y/o cuando lo exija la capacidad visual del trabajador.

CLASE DE LOCAL O TIPO DE TRABAJO	ILUMINANCIA NOMINAL EN LUX
Industrias siderúrgicas	
• Instalaciones de producción que no requieren intervención manual	50 - 150
• Instalaciones de producción que requieren intervenciones ocasionales	100 - 200
• Puestos de trabajo ocupados de manera permanente en las instalaciones de producción	200 - 500
• Plataformas de control de inspección	300 - 750
Talleres	
• Mecánicos, maquinaria pesada	300 -750
• Trabajo fino con material eléctrico	500 - 1000
• Instrumentación, electrónica	1000 - 2000
Oficinas	
• Oficinas de trabajos generales, dactilografía, salas de ordenadores	400 - 750
• Oficinas de trabajos generales de gran magnitud	500 - 1000
• Oficinas de dibujo	500 - 1000
• Salas de conferencia	300 - 750

Tabla 21-4: NIVELES DE ILUMINACIÓN

El Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo citado en páginas anteriores fija niveles mínimos genéricos, que en determinadas circunstancias puede ser necesario duplicar.

Se señalan aspectos relacionados con la calidad de la iluminación natural y artificial: contrastes, deslumbramientos, etc.

Distribución de la iluminación

La iluminación general debe iluminar lo más uniformemente que sea posible. Los valores de uniformidad dependen de la relación existente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media

U = uniformidad
$E_{min.}$ = iluminancia mínima $\quad$ $U = E_{min.} : E$
E = iluminancia media

La uniformidad de la iluminación general del local, o en otros casos la parte del espacio en la que se realice una actividad particular debería respetar una relación de

$1 < E_{min.} / E < 1,5$

Distribución de la luminancia

La distribución de luminancias dentro del campo de visión debe considerarse como un complemento de los niveles de iluminación y la distribución de iluminancia en el interior del local. Son de particular importancia para la distribución de luminancias los siguientes aspectos:

- Valores de luminancia para paredes: 100 cd/m^2. Para conseguir este valor los coeficientes de reflexión o reflectancias de las paredes han de ser de 0,5 a 0,8 para instalaciones de 500 lux y de 0,4 a 0,6 para instalaciones de 1000 lux. La luminancia de los techos depende directamente de la luminancia de la luminaria, se recomienda para techos un factor de reflexión de 0,7.

- Distribución de la luminancia en la zona de trabajo. Para mejorar el rendimiento visual , la luminancia de los alrededores de la tarea visual debe ser, en lo posible, menor que la luminancia de la tarea misma, pero no inferior a 1/3 de su valor.

- Ausencia de deslumbramiento. Se consigue mediante la instalación de luminarias de baja luminancia y sistemas de regulación en ventanas.

Color de la luz

Las calidades cromáticas de una lámpara se caracterizan por dos atributos diferentes:

- Su apariencia de color, que puede estar dada por su temperatura de color
- Su capacidad de rendimiento de color, que afecta al aspecto cromático de los objetos iluminados por la lampara

Fuentes de luz de igual apariencia de color pueden tener una composición espectral completamente distinta y, por consiguiente, presentar grandes diferencias de discriminación cromática. Por eso es imposible sacar ninguna conclusión en relación a las propiedades de rendimiento de color que tiene una lampara conociendo solo su apariencia de color. Así es posible que dos lamparas tengan el mismo índice de reproducción cromática y sus distribuciones espectrales sean distintas, de ahí que para determinar las propiedades cromáticas de una lampara sea necesario conocer los dos factores siguientes:

La temperatura de color es el factor que permite conocer la luz de una fuente luminosa. Se expresa en la escala Kelvin (+ 273 º C) y corresponde al color que se alcanza calentando un cuerpo negro, (un radiador ideal que teóricamente radia toda la energía que recibe, cambiando de color al variar la temperatura absoluta). La radiación visible es función de la temperatura absoluta

Índice de reproducción cromática de una fuente luminosa (IRC), se refiere al aspecto cromático que presentan los cuerpos iluminados por esta en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia, que puede ser el cuerpo negro o una luz día homologada.

El índice de reproducción cromática puede ser general (Rg) como promedio del desplazamiento para un conjunto de 8 colores de muestra o especifico (Re) para un solo color.

Las fuentes de luz blanca pueden subdividirse en tres grupo según su apariencia de color.

Temperatura de color	**Apariencia de color**
blanco cálido (ww): < 3300º K	Cálida (blanca rojiza)
blanco neutro (nw): 3300 - 5000 ºK	Intermedia blanca)
luz día (tw) : > 5000 º K	Fría (blanca azulada)

Para que el alumbrado sea de buena calidad ha de existir una relación entre la temperatura de color de las fuentes de luz utilizadas y el nivel de iluminación de la instalación.

En el las tablas 21-5 y 21-6 se dan las impresiones obtenidas asociadas a diferentes niveles de iluminancia y colores de lamparas fluorescentes.

Iluminancia (lux)	**Apariencia del color de luz**		
	cálida	**intermedia**	**fría**
< 500	agradable	neutra	fría
500-1000	↕	↕	↕
1000-2000	estimulante	agradable	neutra
2000-3000	↕	↕	↕
> 3000	no natural	estimulante	agradable

Tabla 21-5: COLOR DE LUZ APARENTE

EFECTO COLOR	**EFECTO DISTANCIA**	**EFECTO TEMPERATURA**	**EFECTO PSICOLÓGICO**
azul	alejamiento	frío	tranquilizador
verde	alejamiento	muy frío	muy tranquilizador
rojo	proximidad	calor	excitante
naranja	muy próximo	muy caliente	estimulante
amarillo	proximidad	muy caliente	estimulante
pardo	muy próximo	neutral	estimulante
violeta	muy próximo	frío	agresivo/descora-zonador

Tabla 21-6: DIFERENTES EFECTOS DEL COLOR

Tipos de lámparas

	Tipos	Eficacia max. de la lámpara (lm/watio)	Características	Aplicaciones
Fluorescentes tubulares	Luz día (tw) 6000º K 85 IRC	104	Gran variedad de colores de luz,	Todo tipo de locales públicos y de trabajo
	Blanco neutro(nw) 4000º K 85 IRC		Permite altos niveles de alumbrado,	Oficinas, salas de control
	Blanco cálido (ww) 3000º K 85 IRC		Económica	Alumbrado doméstico
Lámparas incandes-centes	Incandes-centes normales	22	Fácil instalación y empleo, encendido instantáneo	Alumbrado general, alumbrado localizado, realce (lamparas reflectoras)
	Halógenas	27	Compactas, gran rendimiento luminoso, luz blanca, larga duración,	Alumbrado de realce, alumbrado por proyectores (salas de control)
Lámparas de descarga	Mercurio a alta presión (HPL)	63	Larga duración, extremadamente larga duración, aceptable calidad de color	Alumbrado de grandes espacios. Fabricas. Naves industriales Fundiciones. Canteras
	Halogenuros metálicos (HPI)	95	Muy buena eficacia y excelente rendimiento en color	Alumbrado interior industrial. Alumbrado publico. alumbrado por proyección
	Sodio a alta presión (SON)	125	Muy buena eficacia, regular rendimiento de color, extremadamente larga duración	Alumbrado industrial. Aparcamientos. Alumbrado publico
	Sodio a baja presión (SOX)	200	Elevada eficacia, extremadamente larga duración, mala calidad de color, luz monocromática	Gran variedad de aplicaciones donde la economía es mas importante que el color
	Luz mezcla (ML)	28	Larga duración, buena calidad de color, fácil instalación, moderado rendimiento de color	Sustitución directa para lamparas incandes-centes, tienen doble eficacia y una vida casi seis veces mayor

Tabla 21-7: TIPOS DE LÁMPARAS

Tareas visuales	**Color de luz necesaria**
Examen de colores	Color de luz: blanca, parecida a la natural p.e. fluorescentes (tw, nw)
Reconocimiento de una fisura, control de superficies	Luz con mayor energía en las longitudes de onda del verde y amarillo, p.e. sodio alta presión
Visión de contrastes en un ambiente poco contrastado	Luz con mayor energía en la longitud de onda del amarillo, p.e. sodio baja presión

Tabla 21-8: APLICACIONES EN FUNCIÓN DEL COLOR DE LUZ

SISTEMAS	Con relación a la distribución luminosa de la luminaria	Directo Semidirecto Directo-indirecto Semi-indirecto Indirecto	
DE	Con relación a la distribución luminosa sobre el área a iluminar	General General localizado Suplementario	
ILUMINACIÓN	Con relación a la zona a iluminar	Interiores	Salas de control Oficinas Naves industriales
		Exteriores	Vías Puerto

Tabla 21-9: CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

ILUMINACIÓN DE OFICINAS

Este tipo de locales queda caracterizado por:

- el tipo de tareas que allí se llevan a cabo (leer, escribir, teclear, observar pantallas de visualización)
- los planos de trabajo son generalmente horizontales y a una altura entre 0,75 y 0,85 del suelo
- la altura del techo esta entre 2,5 y 3 m

Aspectos generales en oficinas

Las exigencias visuales para el alumbrado de oficinas son las siguientes:

– *Iluminaciones:* pequeñas oficinas: 400-750 lux sobre la tarea visual
grandes oficinas: 500-1000 lux sobre la tarea visual
La iluminancia general debe ser como mínimo del 50 % de la iluminancia en la tarea con un mínimo de 400 lux.

– *Luminancias preferidas:* . 50-150 cd/m² para las paredes
100-200 cd/m² para los techos
100-300 cd/m² para el área de trabajo

– *Evitar reflexiones por velo en la superficie de las mesas y en artículos brillantes*

– *Agradable apariencia de color y rendimiento en color (Ra > 85)*

Con el fin de cumplir estos requisitos, estos locales se iluminan con luminarias montadas en el techo equipadas con lamparas fluorescentes. Para estar dentro de los limites estipulados en cuanto a deslumbramiento tales luminarias han de estar equipadas con rejillas, difusores opales o cubiertas prismáticas o elementos especulares

La distribución de luminancias en oficinas y cabinas de control deberá estar comprendida en los siguientes valores:

	Luminancia cd/m²
Plano de trabajo principal	100-200
Resto del plano de trabajo	30-100
Periferia, ambiente	30-100

Tabla 21-10: DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS EN OFICINAS Y CABINAS DE CONTROL

Los valores que figuran en la tabla son traducibles en los términos de que la luminancia en los alrededores de la tarea visual (resto del plano de trabajo), debe ser en lo posible menor que la luminancia de la tarea misma pero no inferior a un tercio de su valor.

CAPÍTULO 22: IMPORTANCIA EN LOS SERVICIOS DEL SECTOR TERCIARIO. CASOS PARTICULARES: PUESTOS CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS Y PUESTO DE CONTROL

PUESTOS CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

El trabajo con pantallas de visualización requiere un nivel de iluminación no demasiado intenso para evitar posibles deslumbramientos. El nivel aceptable de iluminación debe estar comprendido entre 300 y 500 lux. El operador debe poder ajustar la luminosidad en su puesto de trabajo

El operador de pantallas de visualización debe adaptar su visión a tres contrastes de iluminación diferentes: el de la pantalla, el de los textos y el del teclado.

Para evitar reflexiones deben tenerse en cuenta las siguientes medidas:

– Las paredes y superficies no deben estar pintadas en colores brillantes.
– El campo situado detrás del operador debe ser de luminancia lo más débil posible
– La pantalla debe quedar alejada de las ventanas para que la sobreiluminación diurna no dificulte la adaptación de los ojos del operador a la relativa oscuridad de la pantalla.
– La línea de visión del operador a la pantalla debería ser paralela a las lamparas del techo.
– Las lámparas del techo no deben estar colocadas encima del operador y deben estar provistas de difusores para conseguir una más uniforme distribución de la luz.

En el RD 488 /1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización se señalan aspectos relacionados con la iluminación.



Figura 22-1- Disposición de las pantallas respecto a las fuentes de luz

La instalación de filtros antirreflejos es una medida posterior a la correcta ubicación de la pantalla. Su empleo estará indicado cuando no sea factible evitar los reflejos por imposibilidad de modificar la situación del equipo, circunstancias especiales de iluminación, etc.

Iluminación natural

La iluminación natural es sin duda alguna la mejor desde el punto de vista fisiológico por su composición espectral y también la más económica. Presenta por contra el inconveniente de una gran inestabilidad, en función de la estación, la hora del día, el tiempo. Su valor es función de la superficie acristalada.

El acristalamiento sobre pendientes inclinadas asegura la penetración de un importante flujo luminoso, deben estar repartidas sobre dos vertientes. La supresión del deslumbramiento es difícil, el empleo de cristales difusores da buenos resultados

La techumbre está constituida por una serie de pendientes opacas y acristaladas, lo más frecuente de sección triangular, ocupando el acristalamiento el lado más pequeño

La iluminación natural es directa y unos acristalamientos laterales permiten reforzar la iluminación en los extremos de los locales

Lucernarios

Los lucernarios, sobrelevaciones acristaladas verticales, están acondicionados sobre unos tejados con cuádruple o doble vertiente.

Aseguran una iluminación no directa que permite eventualmente modificar la disposición de los puestos de trabajo

El factor de día = J = 1/6

PUESTOS DE CONTROL

Recientemente, las técnicas de fabricación debían ser adaptadas de modo ergonómico a las capacidades de los operadores; hoy, las técnicas de fabricación son confiadas a máquinas y a instalaciones; también los principios de concepción ergonómica se orientan más hacia el sistema hombre-máquina, es decir sobre los elementos suministradores de información y los órganos de mando que permiten intervenir al operador indirectamente, a traves de las máquinas, en los procesos de fabicación. Estas transformaciones e innovaciones han desembocado en la concepción y diseño de puestos de mando, salas de control, cabinas, etc. específicas para cada instalación.

Se trata de establecer a través de los principios ergonómicos universalmente aceptados unos criterios de diseño que conduzcan a la adecuación de estos puestos de trabajo; bien es sabido que si se tienen en cuenta unos principios elementales básicos en las primeras fases del proyecto, se evitarán reformas en el futuro.

Al diseñar un puesto de trabajo, el objetivo es proporcionar un ambiente libre de tensiones innecesarias. Si el operador está incómodo o los controles están mal ubicados, se favorecen los errores, la fatiga del operador y también la producción se verá afectada negativamente.

Debido a los muchos factores que influyen sobre la interacción entre los operarios y el equipo que controlan, puede no ser posible proporcionar un ambiente óptimo en

todos sus aspectos. Sin embargo, la consideración cuidadosa de las capacidades y limitaciones de los usuarios y de los requisitos necesarios para el funcionamiento del equipo conducirán a la solución más factible.

Las ideas aquí plasmadas, se basan en publicaciones especializadas, trabajos de la CECA y en la experiencia práctica propia y tratan de establecer unas directrices generales a tener en cuenta en el diseño global de puestos de trabajo. Sin embargo, aunque estas indicaciones sirvan para aportar mejoras en la mayoría de los problemas ergonómicos desde una óptica general, cada situación individual debe ser tratada particularmente.

Postura de trabajo. Aspectos generales

Se presentan a continuación los criterios generales para la elección de la postura de trabajo más adecuada y las medidas a tener en cuenta en el diseño de los pupitres, aspectos que se justifican y detallan más adelante.

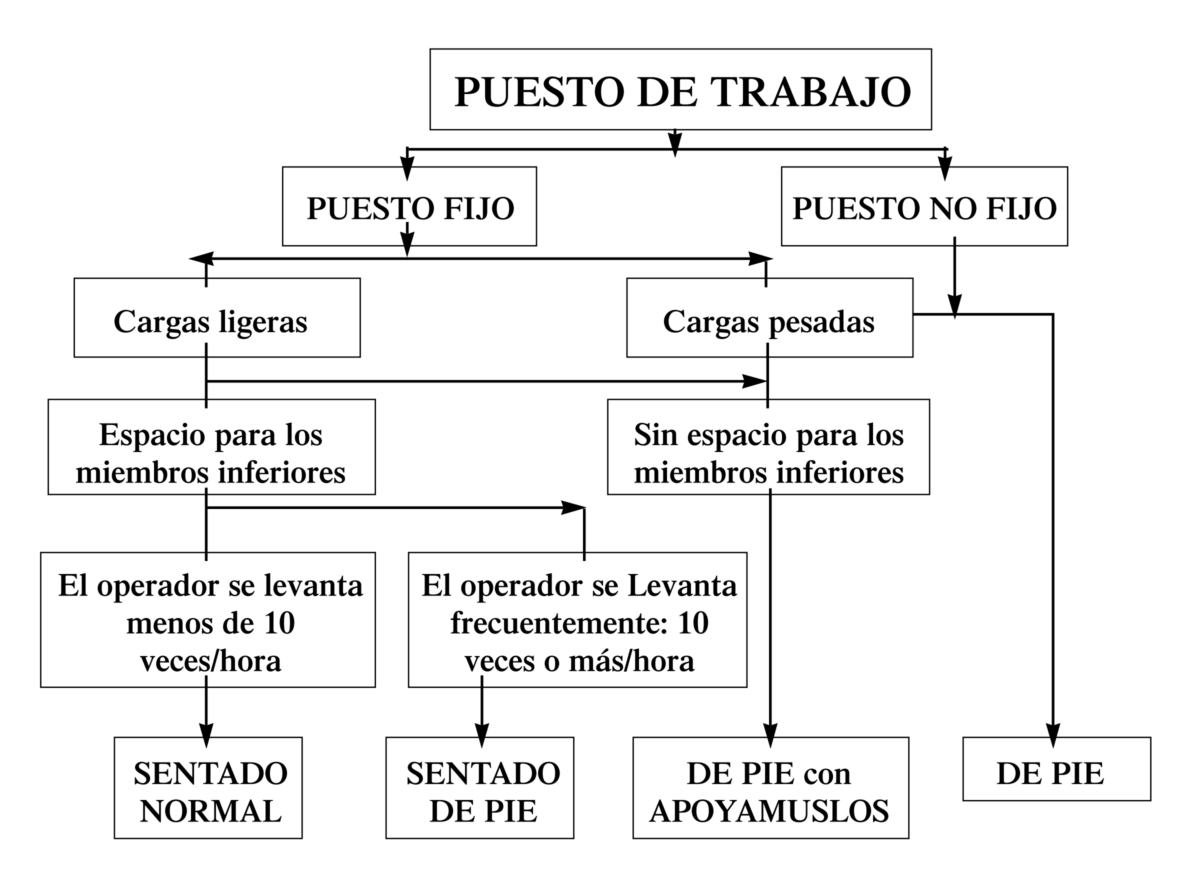


Figura 22-2: ELECCIÓN DE LA POSTURA DE TRABAJO

- Aunque preferentemente se adoptará la posición sentada, la postura de trabajo se elegirá de acuerdo con el siguiente esquema:

- Para la determinación de la altura de los planos de trabajo, las dimensiones del espacio libre para piernas se tendrán en cuenta los datos antropométricos del 95 percentil/hombre, adoptándose reposapies para operadores de talla pequeña. Para las áreas de alcance, se deben tener en cuenta los datos antropométricos del 5 percentil/hombre.

- Las superficies de los pupitres serán exclusivamente mates y poco reflectantes.
- En las zonas de paso se evitarán partes salientes y las aristas serán redondeadas.
- Cuando sea posible, distribuir la carga de trabajo entre manos y pies.
- El control de precisión debe ser destinado a la mano dominante.
- Los controles de emergencia deben ser operables con cualquiera de las manos.
- Para un puesto de trabajo mixto, el área de trabajo es 75 x 75 cm.
- La altura vertical mínima para un trabajador sentado es 1,5 m aproximadamente.
- Las tareas que requieran alternar las posiciones sentado y de pie requerirán, naturalmente, mayor espacio vertical (1,9 m aproximadamente).

Forma de los pupitres

- Pupitre frontal
  - Recomendable cuando sea necesaria buena visibilidad de los elementos de mando y dispositivos suministradores de información y sea necesario el desarrollo de la tarea alternando la posición sentado / de pie.
  - Pupitre situado frente al operador
  - Disposición de los elementos de mando / información frente al operador.
  - Deberá prestarse atención en la determinación de la profundidad del pupitre para no limitar la visibilidad.

Figura 22-3: PUPITRE FRONTAL

- Pupitre de dos elementos
  - Pupitre situado a izquierda y derecha del operador (plano sagital) con relación a la dirección principal de su mirada
  - Disposición de órganos de mando cerca del operador
  - Muy buena visibilidad del area de trabajo.

Figura 22-4: PUPITRE DE DOS ELEMENTOS

- Pupitre en "U"
  - Pupitre situado frente y al lado del operador.
  - Disposición frontal y sagital de los dispositivos de mando
  - Visibilidad muy buena de los dispositivos de mando y de los elementos suministradores de información.
  - Limitación de la visibilidad del area de trabajo por las aristas exteriores del pupitre.



Figura 22-5: PUPITRE EN “U”

- Pupitre en "L"
  - Pupitre dispuesto parcialmente frente al operador y al lado izquierdo/derecho del operador.
  - Disposición frontal y sagital (izquierda/ derecha) de los dispositivos de mando.
  - Visibilidad buena/aceptable de los dispositivos de mando y de los elementos suministradores de información.
  - Limitación de la visibilidad del area de trabajo por las aristas exteriores del pupitre.

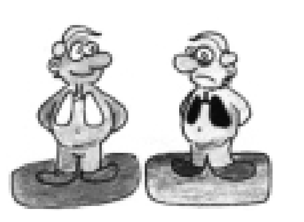


Figura 22-6: PUPITRE EN “L”

◆ Bloque pupitre-asiento

- Obliga a adoptar necesariamente la postura sentada.
- Pupitre doble situado a izquierda y derecha del operador, orientado hacia el eje principal de su mirada.
- Disposición de los órganos de mando cerca del operador.
- Óptima visibilidad.

Si existen maniobras que exigen diferentes direcciones de visión principales y si los elementos de mando deben permanecer siempre en el area de de alcance del operador y en la misma posición, se deberá recurrir al bloque pupitre-asiento rotativo. Ésto, también permite adoptar la posición sentada en caso de que el espacio disponible sea escaso.

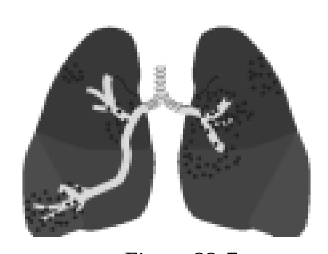


Figura 22-7:
BLOQUE PUPITRE-ASIENTO

El bloque *pupitre-asiento* rotativo se adoptará con reservas en el caso de gruas o máquinas susceptibles de producir vibración, ya que debido a que el anclaje se reduce, las vibraciones producidas por la máquina se transmitirán con más facilidad al operador.

Planos de trabajo. Disposicion de elementos/mandos

Los órganos de mando/elementos suministradores de información se situarán del modo siguiente:

I. *Zona primaria*. Corresponden a las actividades más frecuentes, teniendo en cuenta la compatibilidad y las analogías.
II. *Zona secundaria*. Utilización esporádica, mantenimiento y/o averías.
III. *Zona terciaria*. Zona reservada a los órganos de mando/elementos de información poco utilizados o controlados como puesta en marcha o parada.

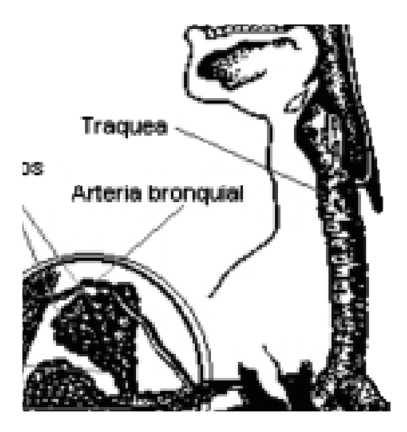




Figura 22-8: ZONAS DE DISPOSICIÓN DE CONTROLES E INDICADORES

Dimensiones

El diseño de los pupitres/puestos de mando se llevará a cabo refiriéndose a datos normalizados, particularmente en lo referido a las dimensiones.

Las dimensiones están expresadas en centímetros.

Altura del plano de trabajo

Altura del plano de trabajo de un pupitre sentado; en caso de operadores de talla pequeña, será necesario incorporar un asiento con la regulación suficiente y un reposapiés.

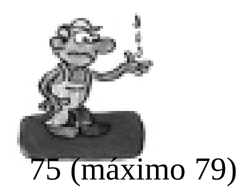


Figura 22-9: ALTURA DEL PLANO DE TRABAJO PARA PUPITRE FRONTAL, EN "U" Y EN "L".

Pupitre de dos elementos

En este caso, en posición sentada, el cuerpo se encuentra ligeramente inclinado hacia atrás; por lo que la altura necesaria del plano de trabajo debe ser más baja que en los otros.



Figura 22-10: ALTURA DEL PLANO DE TRABAJO PARA UN PUPITRE DE DOS ELEMENTOS DE POSICIÓN SENTADA

Pupitre combinado sentado/de pie

Se representan a continuación un pupitre combinado sentado/de pie y pupitre de pie, con espacios libres diferentes para las piernas/pies.

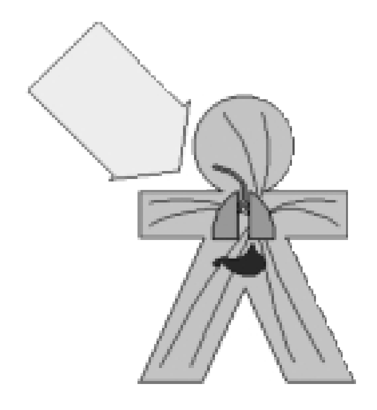


Figura 22-11: PUPITRE SENTADO / DE PIE

Figura 22-12: PUPITRE DE PIE

Angulos de inclinación de las superficies del pupitre

- *Graduación del ángulo de inclinación de las superficies de un pupite*

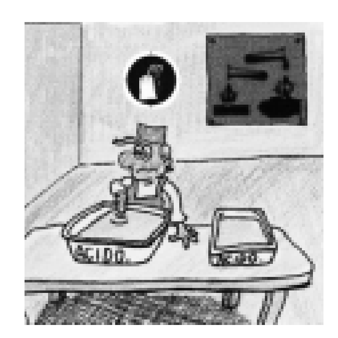


Figura 22-13: ANGULOS DE INCLINACIÓN

(1) Paneles con frecuentes maniobras manuales: 115 a 125º

Paneles total o parcialmente automáticos: 100 a 110º

(2) >8º

Forma A) Pupitre con plano de trabajo horizontal.

Forma B) Pupitre con plano de trabajo total o parcialmente inclinado hacia arriba.

Forma C) Pupitre con un elemento superpuesto.

- *Ancho (profundidad) e inclinación de un pupitre destinado a la posición sentada, con y sin elemento superpuesto, para pupitres de maniobras no automáticas (Fig. 22-13).*

- *Anchura (profundidad) e inclinación en un pupitre sentado con elemento superpuesto destinado a maniobras total o parcialmente automáticas (Fig. 22-14).*

"S": Área de escritura.

estrucción de los tejidos sobre los que actúa el tóxico
ritación de la piel o las mucosas en contacto con el tóxico
lteración pulmonar por partículas sólidas
esplazamiento del oxígeno del aire o alteración de los mecanismos xidativos biológicos
epresión del sistema nervioso central. Generalmente el efecto esaparece cuando desaparece el contaminante
fecto alérgico del contaminante ante la presencia del tóxico, aunque ea en pequeñísimas cantidades (Asma, Dermatitis)
roducción de cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones n la descendencia respectivamente
lteraciones de órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, etc).

Figura 22-14 Figura 22-15

En la figura 22-16 se representa el espacio libre para las piernas en un pupitre con los elementos de mando situados en la parte frontal. Se representan por una linea de trazo discontínuo las dimensiones del espacio libre para las piernas si no existen elementos de mando en la parte frontal del plano de trabajo del pupitre.



Figura 22-16: ESPACIO LIBRE PARA PIERNAS DE UN PUPITRE PARA POSICION SENTADA

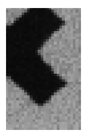
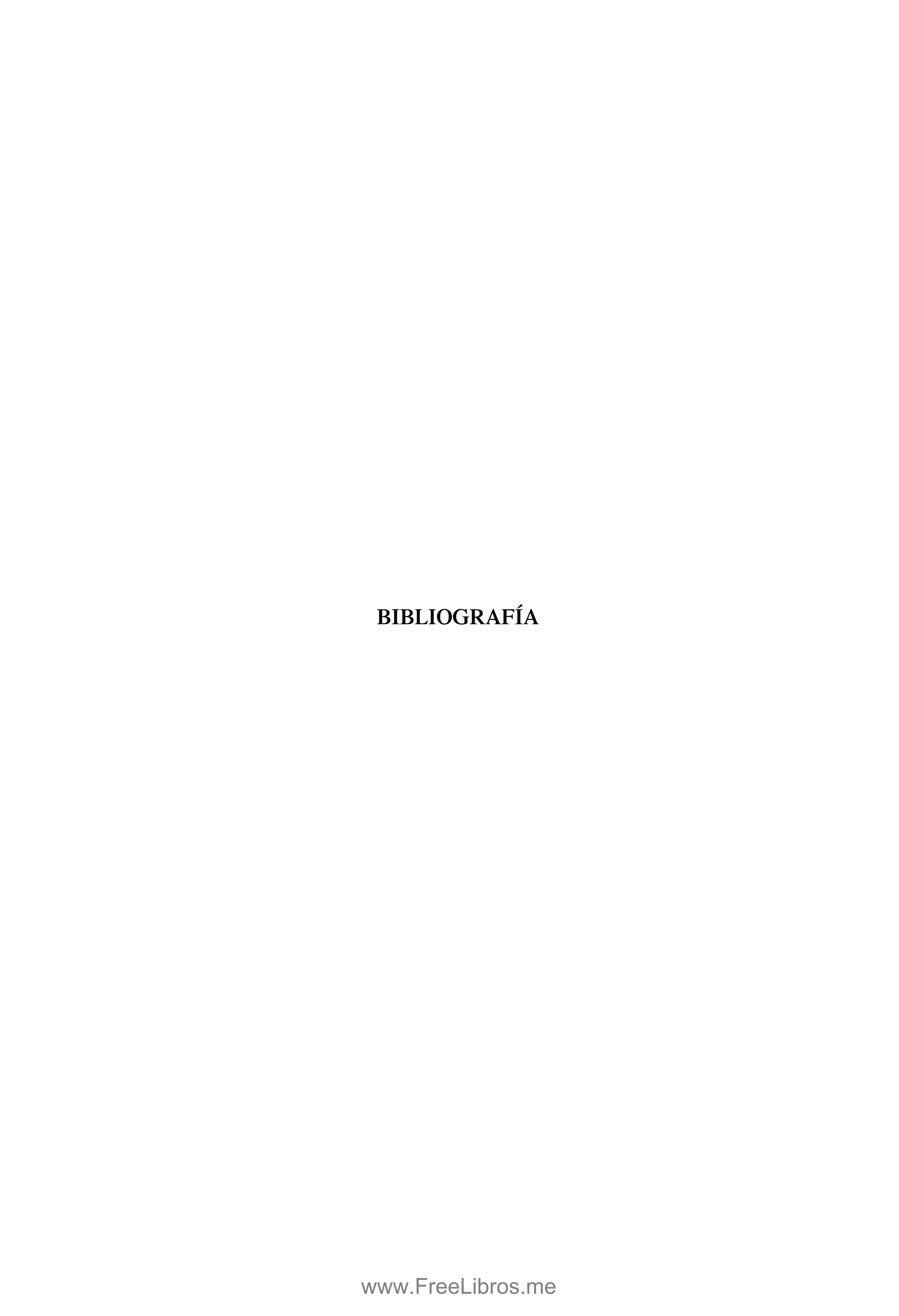


Figura 22-17: ESPACIO LIBRE PARA LAS PIERNAS Y PARA LOS MOVIMIENTOS EN UN PUPITRE DE DOS ELEMENTOS CON AMPLIA VISIBILIDAD DEL AREA DE TRABAJO



BIBLIOGRAFÍA

HIGIENE INDUSTRIAL

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist): Industrial Ventilación. Editorial Generalitat Valenciana 1993.

Albesa, A.: "Introducción a la Higiene Industrial"

Alday E. y otros: Toxicología Laboral Básica. INSHT. Madrid (1989)

Ambrosiani, J.A., Bahima, J.F., Bartual, J., Bernaola, M., Bilbao, J., Castejón, E., y otros: Higiene Industrial Básica. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Editorial INSHT (Madrid).

Bartual, J., Castejón, E., Gadea E., Guardino, X., Guasch, J., Hernández, A., Luna, P. y Obiols, J.: Higiene Industrial. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Editorial INSHT (Madrid) 1994.

Casarett, L. y Doull J.: Toxicology. The basic science of poisons. 3rd de. MacMillan Pub. New York. 1986.

Clayton J. D. y Clayton F.E.: Patty¢s Industrial Hygiene and Toxicology. Interscience. New York. 1981.

Constans, A: Exposición a agentes biologicos: Seguridad y buenas practicas de laboratorio. NTP 376. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.Madrid 1995.*

Cortes, J. M.ª: Técnicas de Prevención de riesgos Laborales. Editorial Tebas Flores 1996.

De la Poza, J.M.: "Seguridad e Higiene Profesional" Editorial Paraninfo, Madrid 1990.

Fernández J.G.: "Fundamentos de Higiene Industrial Moderna" Editorial Mutua MADIN 1983.

Flores, P.: Manual de acústica, ruido y vibraciones. Editorial BYC, Barcelona 1990.

Gadea, E.- Seguridad en el laboratorio: gestión de residuos toxicos y peligrosos en pequeñas cantidades.NTP 359. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.Madrid 1994.*

Gallardo, E. y otros: "Radiaciones ionizantes. Prevención de riesgos", INSHT, Madrid. 1981.

Garrido M. y Pérez P.: El trabajo en ambientes con sobrecarga térmica. Editorial INSHT (Barcelona).

Gestal S. J.: Riesgos del trabajo del personal sanitario, 2ª edición. Madrid *Interamericana/McGraw, 1993*

Gómez, CT.; López, L.; Beneitez, A.; Hernando, J.R.; Velasco, J.; Arriaga, I.; Martinez, J. y Vergara, V.: Manual de prevención de riesgos laborales. Cap XIX. Ed. CISS. Valencia 1995.

González, E.: Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo. Editorial Tecnos, Madrid. 1993.

González, E., Ugarte, C. y Tejedor, J.N.: Toxicocinética aplicada a la Higiene Industrial. Editorial INSHT. Madrid. 1998

Guasch, J.: Higiene Industrial. INSHT, Barcelona. 1994.

Harris, M.C.: Manual para el control del ruido. Editorial IEAL Madrid, 1997.

Hernández, A.- Contaminantes biológicos: criterios de valoración. NTP 409-1996. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid 1996.*

Hernández, A. y Luna, P.: Cabinas de Seguridad Biológica. NTP 233. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1989.

Hernández, A. y Martí, M.ª C.: Contaminantes biológicos: evaluación de ambientes laborales. NTP, 203: 1-8. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid. 1988.*

INSHT: Métodos de toma de muestras y análisis. (1993) Editorial INSHT (Madrid).

Laborda R. y Velasco J.: 1993. Valoración higiénica de contaminantes químicos en el ambiente laboral, edita Asociación para la Prevención de accidentes APA, San Sebastián 1996.

Lehninger A.L.: 1979. Bioquímica. 2ª edición Editorial Omega. Barcelona.

Leidel, N.A., Busch, K.A. y Lynch, J.R.: Occupational exposure sampling strategy manual. NIOSH. Cincinnati. Ohio (1997).

López, G.: El ruido en el lugar de trabajo. INSHT, Madrid. 1992.

Manual de Fundamentos de la Higiene Industrial: Consejo Interamericano de Seguridad (CIAS). 1981.

Manual de Higiene Industrial: Fundación Mapfre. Editorial MAPFRE Madrid, 1991.

Martí A.: Aspectos analíticos en la toma de muestras, transporte y conservación. Editorial INSHT. Madrid 1983.

Martí, A., Bartual, J., Berenguer, M.J., Freixa, A. y otros: Análisis de contaminantes químicos en el aire. Editorial INSHT. Barcelona. 1992.

Martí, M.ª C., Alonso, R.M., Constans, A. y Guardino, J.: Prevención de Riesgos biológicos en el laboratorio (varios capítulos). *Ed. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid 1997.*

Martí, M.ª C., Alonso, R.M. y Constans, A: Patógenos transmitidos por la sangre: un riesgo laboral. NTP. 398: 1-4. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo 1995.*

O.I.T.: (Oficina Internacional del Trabajo) Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el trabajo Edita Ministerio de Trabajo. 1998.

Organización Mundial de la Salud: Manual de bioseguridad en el laboratorio.Varios capitulos.OMS 1983.

Repetto M.: Toxicología Fundamental. Editorial Científico-Médica. Barcelona. 1988.

Ruperez, M.ª J. y otros: Radiaciones no ionizantes. Editorial INSHT. Barcelona. 1989.

Simons, J. y Sotty, P.: Risques biologiques. INSERM. Paris 1991.

Slam R. y Hugues E.W.: A case of chronic paraffin pneumonitis. Thorax. 25: 762-768. 1970.

Vaquero, J. L.- Higiene y Seguridad en el Trabajo. Cap.13 *Ed. Médica Europea 1989.*

Volk, B. W.: Lipoid pneumonia. Clinical pathologic and chemical aspects. Biochem. Clin. 4:187-194. 1964.

Waldron, H.A.: Health care of people at work exposure to oil mist in industry. J.Soc. Occup. 1977.

SEGURIDAD

Albesa, A., de Montoliu, A.: Seguridad e Higiene y Calidad Total, ENHER

Bartual, J. y Berenguer, M.ª J.: Pesticidas: clasificación y riesgos principales, NTP-143, INSHT

Berenguer, M.ª J. y Gadea, E.: Información sobre productos químicos. Fichas de seguridad. NTP-371, INSHT

Bestratén, M.: Los accidentes y la Seguridad en el Trabajo, Curso de Prevención de Riesgos Laborales. Fundació Politècnica de Catalunya

Bestratén, M. y Turmo, E.: Estadísticas de accidentabilidad en la empresa, NTP-1, INSHT

Bestratén, M.: Comunicación de riesgos en la empresa, NTP-101, INSHT

Boussinet, C.: El tractor agrícola: prevención de vuelco, NTP-259, INSHT

Bultó, M.: Disposiciones de la CEE sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP-144, INSHT

De la Iglesia, A.: Reconocimientos médicos de trabajadores expuestos a plaguicidas, NTP-199, INSHT

Manual Básico de Prevención de Riesgos Laborales, UMI

Maqueda, J., Montilla, A., Pérez, M. L. y Zamorano, M.ª L.: Brucelosis: normas preventivas, NTP-224, INSHT

Vilchez J. A.: Especialización en riesgo químico. Curso de Prevención de Riesgos Laborales. Fundació Politècnica de Catalunya

ERGONOMÍA

Afnor: "Ergonomie. Recueil de normes francaises". Ed. L'Afnor. Paris, 1986

Comisión de las Comunidades europeas-Berchem-Simon O.: "Ergonomics Glossary". Oficina de Información y Coordinación. Acción Comunitaria Ergonomica de la CECA, Luxemburgo, 1982

Castillo J.J. y Prieto C.: "Condiciones de trabajo. Un enfoque renovador de la sociología del trabajo". Ed. CIS. (Madrid, 1.983)

Cazamian P.: 1988 Traité d' Ergonomie. Ed.Octares. Tolouse

Cazamian P.: 1981 Image et Action. Actas del Seminario sobre D. Ochanine. 1-5 Junio de 1981. Universidad de Paris

Clark T.S. y Corlett E.N.: "La Ergonomía de los lugares de trabajo y de las máquinas: Manual de Diseño". Fundación Mutua General. Barcelona, 1991

Comisión de las Comunidades europeas: "Acción Ergonómica Siderúrgica". Resultados del V Programa de la CECA. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo, 1994

Fundación MAPFRE: "Temas de Ergonomía". Ed. MAPFRE S.A. Madrid, 1987

García Molina, C. y otros: Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física - IBV. 1997

Helander M: "Handbook of Human Computer Interaction". Elsevier Science Publhisers B.V. Amsterdam, 1988
I.N.S.H.T.: "Ergonomía". Barcelona, 1995

I.N.S.H.T.: "Psicosociología del Trabajo". Barcelona, 1995

Laville A.: "L'Ergonomie". Ed. PUF. Paris, 1.986

Leplat J.: "La psicología ergonómica". Ed. Oikos-Tau,S.A. Barcelona, 1985)

McCormick E.J.:"Ergonomía". Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1980

Mondelo P.: "Ergonomía. Fundamentos. De. UPC-Mutua Universal. Barcelona, 1996.

Montmollin M.: "L'Ergonomie". Ed. La Decouverte. Paris, 1986

Norma ISO 8995: "Principios d'ergonomie visuelle - L'eclairage des systèmes de travail intérieurs". ISO 1989 (F)

Noulin M.: "Ergonomie" . Ed. Techniplus. Paris, 1992

Oborne D.J.: "Ergonomía en acción". Ed. Trillas. Mexico, 1987

Salvendy G.: "Handbook of Human Factor". Ed. G. Salvendy USA, 1987

Sperandio J.C.: "L'ergonomie du travail mental". Ed. Masson Paris, 1988

Wisner A.: "Ergonomía y Condiciones de Trabajo". Ed. Humanitas. Buenos Aires, 1988

Zinchenko, V. Munipov V.: Fundamentos de Ergonomía. Editorial Progreso. Moscu, 1985



NORMATIVA DE APLICACIÓN

NACIONAL

Decreto 2414/1961 de presidencia de Gobierno de 30 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de actividades molestas, nocivas, insalubres y peligrosas. BOE de 7 de diciembre de 1961 y rectificaciones en BOE de 30 de diciembre de 1961 y 7 de marzo de 1962.

O.M. de 12/1/63 y 15/12/65 sobre Normas Medicas para la prevención de las enfermedades profesionales B.O.E. de 13/3/63 y 17/1/66, respectivamente.

Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear B.O.E. de 4 de mayo de 1964.

Decretos 2.177/1967 y 2.864/1986 Reglamento sobre cobertura de riesgos nucleares. B.O.E. de 18 de septiembre de 1967 y de 25 de noviembre de 1968, respectivamente.

Decreto 2.869/1972 Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. B.O.E. de 24 de octubre de 1972.

Real Decreto 2.519/1972 Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. B.O.E. de 8 de octubre de 1982.

Decreto 2.263/1974, que establece el Reglamento de Policia Sanitaria Mortuoria B.O.E. de 17/8/74.

Orden de 10 de marzo de 1975 sobre Homologación de Aparatos Radiactivos. B.O.E. de 1 de abril de 1975.

Resolución de 15 de febrero de 1977 sobre el benceno. Empleo de disolventes y otros compuestos que lo contienen. B.O.E. de 11 de marzo de 1977.

Decreto 1.995/78 de 12 de Mayo por el que se establece el cuadro de enfermedades profesionales B.O.E. nº 203, de 25 de agosto de 1978.

Ley 15/1980 sobre Creación del Consejo de Seguridad Nuclear B.O.E. de 25 de abril de 1980.

Orden de 31 de octubre de 1984 por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto B.O.E. de 7 de noviembre de 1984.

Orden de 9 de abril de 1986 por la que se aprueba el Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores en presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo B.O.E. de 24 de abril de 1986.

Orden de 9 de abril de 1986 por la que se aprueba el Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores en presencia de Cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo B.O.E. de 6 de mayo de 1986.

Real Decreto 1.753/1987 por el que se modifica parcialmente el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. B.O.E. de 15 de enero de 1988.

Real Decreto 886/1988, de 15 de julio, sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales. B.O.E. de 5 de agosto de 1988 y corrección de errores en B.O.E. de 28 de enero de 1989.

Real Decreto 1.316/89 de 27 de octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. B.O.E. de 2 de noviembre de 1989.

Real Decreto 952/90 sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales, derogado por Real Decreto 1.254/99, de 16 de julio. B.O.E. de 20 de julio de 1999 y modificado en B.O.E. de 4 de noviembre de 1999.

Real Decreto 1.435/1992, de 27 de noviembre de 1995, sobre disposiciones de aplicación de la Directiva del Concejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciónes de los Estados miembros sobre máquinas. B.O.E. de 11 de diciembre de 1992.

Real Decreto 53/92 de 24 de enero por el que de aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra Radiaciones ionizantes B.O.E. de 12 de febrero de 1992.

Real Decreto 1.407/92 de 20 de noviembre por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intercomunitaria de los equipos de protección individual. BOE de 28 de diciembre de 1992.

Real Decreto 822/1993, de 28 de Mayo, sobre buenas practicas de laboratorio (BPL). B.O.E. de 29/5/93.

Real Decreto 1.942/1993 que establece el Reglamento de las instalaciones de protección contra incendios. B.O.E. de 14 de noviembre de 1993.

Orden de 26 de julio de 1993, por la que se modifican los arts. 2, 3 y 13 de la O.M. 31 octubre 1984, por la que se aprueba el Reglamento sobre Trabajos con Riesgo de Amianto, y el art. 2. de la O.M. 7 enero 1987, por la que se establecen normas complementarias del citado Reglamento, trasponiéndose a la legislación española la Directiva del Consejo 91/382/CEE de 25 junio. B.O.E. de 5 de agosto de 1993.

Real Decreto 2.043/1994 de 14 de Octubre: Inspección y verificación de las BPL. B.O.E. de 24 de noviembre de 1994.

Real Decreto de 2.491/94, de 23 de diciembre, del Ministerio de la Presidencia, Sanidad Animal, por el que se establecen medidas de Protección contra determinadas zoonosis y determinados agentes productores de zoonosis, procedentes de los animales y productos de origen animal, a fin de evitar las infecciones e intoxicaciones procedentes de los alimentos. B.O.E. de 18 de enero de 1995.

Real Decreto 363/1995, 10 de marzo por el que se aprueba el reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación y envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. B.O.E. de 5 de julio de 1995.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE n.º 269, de 10 de noviembre.

Real Decreto 413/97 sobre protección operacional de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. B.O.E. de 16 de abril de 1997.

Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero por el que se regula el Reglamento de los Servicios de Prevención. B.O.E. n.º 27 de 31 de Enero.

Orden de 20/2/1997. Seguridad e Higiene en el Trabajo. B.O.E. de 6 de marzo de 1997.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. B.O.E. de 23 de abril de 1997.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. B.O.E. de 23 de abril de 1997.

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. B.O.E. de 23 de abril 1997.

Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. B.O.E. de 23 de abril 1997.

Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. B.O.E. n.º 124, de 24 de mayo de 1997 y modificación del Anexo II por Orden de 25 de marzo de 1998. B.O.E. de 30 de marzo de 1998.

Real Decreto 665/1997 de 12 de mayo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. B.O.E. de 24 de mayo de 1997, modificado por Real Decreto 1.124/2000. B.O.E. de 17 de junio de 2000.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. B.O.E. de 12 de junio de 1997.

Real Decreto 1.215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. B.O.E. de 7 de agosto de 1997.

Real Decreto 1.267/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. B.O.E. de 25 de octubre de 1997.

Orden de 14 de Abril de 2000, por la que se adaptan al progreso técnico los anexos del Real Decreto 2.043/1994 de 14 de Octubre sobre inspección y verificación de buenas prácticas de laboratorio. B.O.E. de 29 de abril de 2000.

Otras normas técnicas

- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. (Real Decreto 486/1997). INSHT.
- UNE EN 27726 (95) Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.
- UNE EN 28996 (95) Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico.
- UNE EN 27243 (95) estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.
- UNE EN ISO 7730 (96). Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de bienestar térmico.
- UNE EN 12515 (97). Ambientes calurosos. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico basados en el cálculo de la sudoración requerida.

COMUNITARIA

Directivas

83/477/CEE, 87/217/CEE y 91/382/CEE: Exposición al amianto,

82/605/CEE: Exposición al plomo,

78/610/CEE: Exposición al cloruro de vinilo,

97/42/CEE: Exposición al benceno.

82/501/CEE, 87/216/CEE, 88/610/CEE: Directiva Sereso

Directiva 90/394/CEE, de 28 de junio, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Directiva 88/364/CEE de 9 de junio de 1989, recoge la protección de los trabajadores mediante la prohibición, por sus riesgos cancerígenos, de determinados agentes específicos y/o determinadas actividades.

Directiva 83/477/CEE del Consejo, de 19 de septiembre de 1983, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo (segunda Directiva particular con arreglo al artículo 8 de la Directiva 80/1107/CEE).

Directiva 80/836/EURATOM y Directiva 84/467/EURATOM relativas a la protección sanitaria de la población y los trabajadores contra los peligros que resultan de las radiaciones ionizantes.

Directiva 97/59/CEE de la Comisión, de 7 de octubre de 1997, y la Directiva 97/65/CEE de la Comisión, de 26 de noviembre de 1997, por las que se adapta al progreso técnico la Directiva 90/679/CEE, de 26 de noviembre de 1990, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Modificada por:

Directiva 93/88/CEE de 12 de octubre de 1993 y adaptada al progreso técnico por la, Directiva 95/30/CEE de 30 de junio de 1995.

Directiva 2000/39/CE de la comisión de 12 de junio de 2000 por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la directiva 98/24/CE del Consejo relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

ANEXOS

ANEXO I: CUESTIONARIOS DE AUTOEVALUACIÓN

HIGIENE

1.- Una sola muestra tomada al azar no es suficiente para llevar a cabo una valoración del riesgo higiénico debido a:
   a) Que los contaminantes químicos se generan a velocidad constante
   b) Que los contaminantes químicos no se generan a velocidad constante y su concentración en la atmósfera no varía de modo continuo en toda la jornada.
   c) Que los contaminantes químicos no se generan a velocidad constante y su concentración en la atmósfera varía de modo continuo en toda la jornada.
   d) Que los contaminantes químicos suelen cambiarse en las compras.
   e) Que los contaminantes son aditivos.

2.-¿Cuál es la forma de muestreo (toma de muestras) menos adecuada para una evaluación de contaminantes químicos?
   a) Muestra única tomada en período completo.
   b) Muestras puntuales
   c) Muestras consecutivas tomadas en período parcial
   d) Muestras aleatorias.
   e) Muestras no aleatorias

3.- Las sustancias sólidas granulares con gran actividad superficial para captar un contaminante químico en estado gaseoso (vapores orgánicos) se denominan:
   a) Sólidos absorbentes
   b) Sólidos adsorbentes
   c) Impingers
   d) Borboteadores
   e) Sólidos químicos

4.- ¿Qué es una toma de BLANCO?
   a) Muestra blanca para la determinación de materia particulada
   b) Muestra donde únicamente no se pasa aire a su través.
   c) Muestra de contraste con idéntica manipulación que el resto
   d) Muestra antes de usarse
   e) Muestra no impregnada

5.- Los tres medios de control por orden de prioridad son:
   a) Trayecto, Foco y Receptor.
   b) Foco, Trayecto y Receptor
   c) Receptor, Foco y Trayecto.
   d) Todas
   e) Ninguna

6.- ¿Qué tipo de ventilación debo utilizar cuando el contaminante es muy tóxico y está en lugar puntual?.
   a) Ventilación general
   b) Extracción localizada
   c) Ventilación natural.
   d) Todos
   e) Ninguna

7.- El control administrativo se basa:
- a) La disminución del tiempo de exposición
- b) Aumento de la concentración del contaminante.
- c) Disminución del cansancio del operario
- d) Una gestión comercial
- e) Una labor con pantallas de visualización de datos

8.- Las soluciones absorbentes fijan el contaminante mediante
- a) Procesos de separación química.
- b) Procesos de acumulación y deposición.
- c) Procesos de solubilización u otras reacciones químicas.
- d) Procesos físicos
- e) Ninguna

9.- ¿En qué sistema de captación no se necesita bomba de muestreo o aspiración?
- a) Toma de muestras con filtro
- b) Toma de muestras con captador pasivo.
- c) Toma de muestras con borboteador o impinger.
- d) Toma de muestras con tubo de carbón activo.
- e) Ninguno

10.- ¿Cómo definimos la higiene industrial?
- a) Técnica médica de prevención de enfermedades profesionales
- b) Técnica no médica de prevención de enfermedades profesionales
- c) Técnica de adaptación de la máquina al hombre.
- d) Técnica para la prevención de accidentes de trabajo.
- e) Todas

11.- ¿En qué momento se calibran los muestreadores de alto caudal ?.
- a) Antes de cada medición
- b) Después de cada medición
- c) Antes y después de cada medición.
- d) Nunca si me lo garantiza el fabricante.
- e) Según el fabricante

12.- El caudal de una muestra depende de:
- a) Del volumen y el tiempo.
- b) Del volumen y la presión.
- c) Del tiempo y la presión.
- d) Unicamente del volumen.
- e) Unicamente del tiempo

13.- El ciclón es un equipo adaptable al sistema de captación con:
a) Tubo adsorbente
b) Tubo absorbente.
c) Filtro
d) Monitor pasivo
e) Borboteador.

14.- En toda metodología de actuación para valorar los contaminantes en un proceso de trabajo debo comenzar:
a) Por medir la concentración de los contaminantes.
b) Por conocer sus TLV´s.
c) Por identificar los contaminantes conociendo el proceso a fondo.
d) Todos los anteriores
e) Ninguno de los anteriores

15.- ¿Una ficha de seguridad de un preparado peligroso debe incluir obligatoriamente?
a) Composición o nombre de las sustancias químicas
b) Composición cualitativa de la mezcla.
c) Componentes y su concentración.
d) Nada de lo anterior
e) Unicamente el nombre del fabricante

16.- ¿Qué es la cromatografia?
a) Técnica analítica que analiza el nº de cromosomas.
b) Técnica físico-química de separación, utilizada para el análisis de contaminantes químicos.
c) Técnica físico-química de separación, utilizada en la determinación de microorganismos.
d) Técnica de medición ambiental.
e) Técnica analítica de productos biológicos.

17.- ¿Qué contaminantes pueden analizarse con la técnica de espectrofotometría de absorción atómica ?
a) Mohos y levaduras.
b) Metales pesados (Fe, Mn, Ni, Pb, etc.).
c) Hidrocarburos aromáticos
d) Ninguno
e) Todos

18.- Uno de los inconvenientes para la selección de los trabajadores siguiendo un muestreo estadístico, aleatorio de la población total será:
a) Que puedo perder grupos pequeños de alto riesgo
b) Que puedo perder grupos pequeños de bajo riesgo
c) Ambos
d) Ninguno
e) Que no cumplo la normativa de la OGSHT.

19.-¿Debo realizar mediciones periódicas (MP) cuando la concentración de la exposición laboral (CEL) es mucho menor que el valor límite (VL).?

a) Siempre.
b) En algunas ocasiones sin justificar
c) No es necesario
d) Sólo si lo demanda el trabajador.
e) Sólo si lo demanda el empresario

20.- En una medición representativa lo ideal es el muestreo:

a) Ambiental de jornada parcial y representativo de las distintas actividades.
b) Personal de jornada completa
c) Personal de jornada completa y representativo de las distintas actividades.
d) Personal de las ITT
e) Personal ajeno a las instalaciones.

21.- ¿Debo realizar mediciones con monitores pasivos para operaciones de corta duración (< 1 hora)?

a) Siempre.
b) En algunas ocasiones con justificación
c) No es el método más adecuado
d) Depende del contaminante.
e) A criterio del evaluador o higienista.

22.- ¿Si utilizo un monitor de lectura directa para determinar el CO, debo calcular su concentración en el laboratorio?

a) Sí, pues su concentración sólo se concreta por métodos analíticos de laboratorio.
b) No, pues su concentración viene dada de forma directa en el propio aparato
c) Sí, pues su concentración no se expresa en unidades convencionales.
d) Depende de su concentración
e) Ninguno anterior.

23.- En la determinación de materia particulada ¿Qué sistema de captación utilizo?

a) Monitor pasivo.
b) Tubo de carbón activo
c) Filtro en cassette
d) Ninguno.
e) Todos

24.- En una pintura cuya composición es a base de benceno, metanol y etil-glicol con toxicidades muy altas ¿ que medida de control debe ser prioritaria?.

a) La sustitución por otros componentes de no toxicidad o al menos inferior.
b) Diluir las mezclas
c) Poner mascarilla.
d) Todos ellos.
e) Ninguno de ellos

25.- La vía de entrada más importante de los contaminantes químicos en el organismo es la:
   a) Vía dérmica
   b) Vía parenteral
   c) Vía digestiva
   d) Vía respiratoria
   e) Vía ocular

26.- El valor límite de exposición de una sustancia es:
   a) La concentración de una sustancia por debajo de la cual las personas pueden ser expuestas sin efectos desfavorables para la salud.
   b) La concentración de una sustancia por debajo de la cual casi todas las personas pueden ser expuestas sin efectos desfavorables para la salud
   c) La concentración máxima tolerable que puede alcanzar una sustancia por un corto período de tiempo, no superior a las dos horas.
   d) La concentración media.
   e) Ninguna anterior.

27.- Cuando en el proceso de fabricación reemplazamos un producto peligroso por otro inofensivo, estamos adoptando una medida de:
   a) Protección colectiva
   b) Protección integrada
   c) Prevención médica
   d) Todas
   e) Ninguna

28.- Seleccione entre estas medidas la que considere de aplicación prioritaria para evitar la exposición a agentes químicos.:
   a) Prevención médica
   b) Prevención colectiva
   c) Protección personal
   d) Ninguna
   e) Todas

29.- La cantidad de producto tóxico inhalado está en función de:
   a) Concentración del contaminante.
   b) Tiempo de exposición del trabajador
   c) Las dos anteriores
   d) Ninguna anterior
   e) Del aire del local.

30.- La intoxicación más habitual en el medio industrial es:
   a) La intoxicación crónica.
   b) La intoxicación aguda.
   c) Ambas se dan en la misma proporción.
   d) La intoxicación sub-aguda
   e) La intoxicación sobre-crónica

31.- El riesgo depende en primer lugar de:
a) La naturaleza de los productos
b) Las condiciones de uso
c) Las concentraciones alcanzadas.
d) Las concentraciones no alcanzadas
e) Ninguna

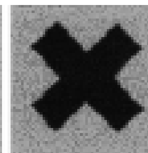
32.- Los productos que, cuando son absorbidos por un ser vivo pueden ocasionar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte, se califican como:
a) Sustancias nocivas
b) Sustancias venenosas
c) Sustancias tóxicas.
d) Todas
e) Ninguna anterior.

33.- La ventilación general:
a) Opera por dilución al aportar aire nuevo al local y mantener una concentración baja de contaminante.
b) Opera captando el contaminante lo más cerca del punto de emisión, evitando que se extienda por el local.
c) Opera proporcionando al operario aire sin contaminante de una manera directa a través de respiradores, bien autónomos o semiautónomos.
d) Operación basada en la limpieza del local
e) Ninguna anterior.

34.- Los productos que queman la piel y destruyen las células de la epidermis provocando lesiones más o menos graves son los:
a) Corrosivos
b) Irritantes
c) Tóxicos
d) Biodegradables
e) Biotóxicos.

35.- Existe riesgo de asfixia cuando el aire respirado contiene:
a) Menos del 17 % de oxígeno.
b) Menos del 25 % de oxígeno
c) Menos del 50 % de oxígeno
d) Menos del 150 % deoxígeno
e) Menos del 100 % de oxígeno

36.- ¿Cuál es el significado de estos símbolos o pictogramas de peligrosidad?:
a) Comburente y nocivo
b) Explosivo y nocivo
c) Corrosivo y nocivo
d) Peligro inminente.
e) Tóxico

37.- ¿Cómo se define el ruido de una forma completa?:
- a) Es un sonido.
- b) Es toda vibración que se oye
- c) Es un sonido molesto
- d) Es un sonido que se transmite por ondas
- e) Es un factor fisico-químico.

38.- ¿Cómo se propaga el ruido?:
- a) En el medio líquido.
- b) En el medio sólido, liquido y en el aire
- c) En el medio sólido por las vibraciones
- d) Todas las anteriores
- e) Todas ellas.

39.- Si decimos que un sonido es grave:
- a) Es de baja frecuencia.
- b) Es de alta frecuencia
- c) Es de baja presión.
- d) Es de alta presión.
- e) Ninguno anterior

40.- Los dos parámetros más importantes en la medida del ruido son:
- a) La longitud de onda y la cantidad.
- b) La velocidad y la longitud de onda
- c) La fuerza y la velocidad
- d) La presión y la frecuencia
- e) La sonoridad y el impacto

41.- El sonido que podemos oír tiene una frecuencia comprendida entre:
- a) 20 Hz-20.000Hz.
- b) 20 Hz-200Hz.
- c) 20 Hz-2.000Hz.
- d) 0 Hz-10.000Hz.
- e) 20 Hz-10.000Hz

42.- Si decimos que hay 9 dB:
- a) No hay ruido.
- b) Hay el nivel más bajo de ruido que podemos oír.
- c) Hay un ruido de baja frecuencia
- d) Estamos en silencio absoluto
- e) Ninguna anterior

43.- Si una máquina genera 70 dBA y se pone en marcha otra que genera 110 dBA. ¿Cuál es el nivel total?:
- a) 180 dBA.
- b) 70 dBA.
- c) 30 dBA
- d) Aproximadamente 110 dBA
- e) < de 90 dBA

44.- ¿Cómo se controla la pérdida auditiva?:
a) Con una audiometría
b) Conociendo el nivel de ruido
c) Conociendo los años de exposición
d) Conociendo los 3 años anteriores
e) Con un pistófono

45.- ¿En qué reglamentación se basa la evaluación de la exposición al ruido?:
a) No existe legislación
b) En la O.G.S.H.T.
c) En normas Técnicas
d) En el R.D. 1316/89
e) En una ITC

46.- ¿Cada cuánto tiempo se han de evaluar los puestos de trabajo con exposición diaria equivalente inferior a 80 dBA?:
a) Cada año
b) Cada tres años
c) No se tiene que evaluar
d) Cada cinco años.
e) Siempre

47.- Se puede considerar la protección auditiva contra el ruido como una medida de control:
a) La única a realizar
b) La mejor y más eficaz
c) La más cara
d) La última medida a tomar siempre que sea posible.
e) La más barata

48.- Para evaluar el riesgo, con respecto a la pérdida de audición, ¿Qué nivel es el máximo permitido?:
a) Nivel diario equivalente de 140 dBA
b) Nivel diario equivalente de 90 dBA.
c) Nivel diario equivalente de 80 dBA
d) Entre 85 y 90 dBA
e) Nivel diario equivalente de 200 dBA.

49.- ¿En qué se fundamenta la evaluación del riesgo de exposición al ruido?:
a) En la percepción auditiva de una señal acústica
b) En el grado de malestar
c) En el número de palabras descifradas de un texto
d) En la medición del ruido mediante instrumentos apropiados.
e) En el grado de bienestar.

50.- ¿Cuál es el efecto más conocido y estudiado del ruido?:
- a) Malestar.
- b) Úlcera gástrica
- c) Hipertensión
- d) Sordera
- e) La ceguera nocturna

51.- El ambiente térmico de los lugares de trabajo:
- a) Es un factor que influye en la salud de los trabajadores.
- b) Influye siempre negativamente en la salud de los trabajadores
- c) Puede influir tanto en la salud como en el bienestar de los trabajadores
- d) No influye nunca
- e) Influye únicamente en el ánimo.

52.- La sensación térmica que pueden experimentar los trabajadores:
- a) Depende fundamentalmente de la ropa de trabajo.
- b) Es independiente del esfuerzo físico que se realice
- c) Depende de las condiciones ambientales, el trabajo que realice y la ropa que lleve puesta.
- d) Sólo depende de la subjetividad individual
- e) Ninguna anterior

53.- Los ambientes de trabajo caluroso:
- a) Pueden hacer que la temperatura interna del cuerpo aumente y se ponga en peligro la salud de los trabajadores.
- b) Aunque aumente en varios grados la temperatura interna, no suponen riesgos para la salud, por que la capacidad del cuerpo para adaptarse a cualquier tipo de ambiente es ilimitada.
- c) Permite a los trabajadores realizar esfuerza físicos importantes con tal de que lleven ropa adecuada y beban abundante agua.
- d) Pueden causar sordera profesional.
- e) Unicamente se dan en verano.

54.- Los mecanismos fisiológicos (del cuerpo) de termorregulación:
- a) Sólo sirven para garantizar el bienestar térmico
- b) No intervienen en el bienestar térmico
- c) Entran en acción en cualquier situación que pueda alterar la temperatura interna del cuerpo.
- d) Todas las anteriores
- e) Ninguna anterior.

55.- Cuando las condiciones térmicas son extremas:
- a) Pueden producirse trastornos más o menos importantes para la salud, pero a no ser que tengan las defensas debilitadas, el individuo siempre se recupera.
- b) Pueden ocasionarse trastornos tan graves que ocasionen la muerte
- c) La única parte del cuerpo afecta a la piel.
- d) Causan lesiones en vías respiratorias altas
- e) No pueden causar la muerte generalmente.

56.- Para conocer las condiciones termohigrométricas del ambiente de trabajo:

a) Basta con medir la temperatura del aire
b) Es innecesario medir otras variables que no sean la temperatura del aire y la temperatura radiante media.
c) Hay que tener en cuenta, además de la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad y la humedad del aire.
d) Basta con medir el aire acondicionado
e) Ninguna de las anteriores.

57.- Cuando en un puesto de trabajo exista riesgo de estrés térmico:

a) La única solución posible es seleccionar al trabajador, mediante un examen médico minucioso, para saber si va a poder resistir las condiciones térmicas y el esfuerzo muscular que requiere ese puesto de trabajo
b) La mejor solución será, juntamente con la anterior, el promover una higiene alimenticia adecuada.
c) Lo mejor es eliminar el riesgo, pero también pueden llevarse a cabo otras acciones, como por ejemplo, estudiar los factores que causan el estrés y analizar los intercambios térmicos entre el cuerpo y el entorno y actuar sobre ellos.
d) Debo protegerle con un EPI adecuado
e) Ninguna anterior

58.- El golpe de calor es:

a) Afección importante del sistema nervioso central, con ausencia de sudoración y temperatura corporal superior a 41 ºC que puede dar lugar a la muerte como consecuencia de la exposición a un calor excesivo
b) Aumento brusco de la temperatura corporal sin riesgo grave
c) Erupción y calambre por exceso de calor.
d) Una caída a distinto nivel por calor
e) Una caída al mismo nivel por calor

59.- Índice WBGT:

a) Índice de confort térmico
b) Índice de disconfort
c) Índice de referencia para la evaluación de riesgo por estrés térmico basado en la ponderación fraccionada de la temperatura húmeda, de globo y seca.
d) Índice barométrico
e) Índice del nivel de humedad relativa

60.- En situaciones por debajo de 5 ºC:

a) No se precisa ropa de protección pues sólo es preceptivo por debajo de 0 ºC
b) Los trabajadores deben de llevar ropa de protección, basada en la actividad física a desarrollar y del nivel de frío al que vayan a ser sometidos.
c) No se debe de acceder a ninguna dependencia hasta que en ésta no superen dichos grados.
d) Ninguna anterior
e) Todas

61.- El hombre percibe vibraciones desde una gama de frecuencias que va en hertzios de:
a) 20 a 20.000 Hz.
b) $2x10^{-6}$ hasta $2x10^{+6}$ Hz
c) una fracción de hercio hasta los 1000 Hz
d) Únicamente por debajo de 20 Hz
e) 1000 Hz a 2000 Hz

62.- Las vibraciones según afecten a una parte del cuerpo u otra las clasificamos en:
a) Vibraciones globales y parciales.
b) Vibraciones libres o periódicas.
c) Vibraciones aleatorias y no periódicas
d) Vibraciones mano-brazo y pie-mano
e) Vibraciones oscilantes

63.- Las radiaciones son:
a) Fenómenos físicos basados en la emisión y propagación de la energía por parte de la materia tanto en forma de ondas como de partículas subatómicas.
b) Fenómenos físicos basados en la emisión y absorción de la energía por parte de la materia tanto en forma de ondas como de partículas subatómicas.
c) Fenómenos físicos basados en la emisión, propagación y absorción de la energía por parte de la materia tanto en forma de ondas como de partículas subatómicas.
d) Fenómenos químicos
e) Ninguna anterior.

64.- Las radiaciones no ionizantes más comunes son:
a) Ultravioleta, infrarrojo, microondas, radiofrecuencias, etc.
b) Partículas alfa, beta o gamma
c) Neutrones y rayos X
d) Los protones
e) Los electrones

65.- Las radiaciones ionizantes más comunes son:
a) Ultravioleta, infrarrojo, microondas, radiofrecuencias, etc.
b) Partículas alfa, beta o gamma, neutrones y rayos X
c) Neutrones, Rayos X y ultrasonidos
d) Láser
e) Láser y ultravioletas

66.- Las radiaciones ionizantes se definen como:
a) Las que tienen capacidad o energía suficiente para expulsar a los protones de la órbita atómica, alterando los átomos y moléculas de la materia.
b) Las que tienen capacidad o energía suficiente para expulsar a los neutrones de la órbita atómica, alterando los átomos y moléculas de la materia.
c) Las que tienen capacidad o energía suficiente para expulsar a los electrones de la órbita atómica, alterando los átomos y moléculas de la materia.
d) Las responsables del riesgo biológico en hospitales.
e) Ninguna anterior.

67.- ¿De donde provienen las radiaciones infrarrojas (RI)?:
a) De los cuerpos incandescentes únicamente.
b) De los cuerpos incandescentes y de las superficies muy calientes.
c) De las superficies muy calientes únicamente.
d) De la materia viva
e) De los microorganismos

68.- ¿Cuál de las partículas alfa, beta o gamma tiene un mayor poder de penetración?:
a) Las partículas alfa.
b) Las partículas alfa y beta
c) Las partículas gamma
d) Todas tienen igual poder de penetración.
e) Las partículas beta.

69.- El radiámetro o dosímetro de radiación es un aparato de higiene de campo que expresa sus unidades en:
a) REM.
b) CURIOS.
c) BEQUERELIOS
d) Ninguno de los comentados
e) Todos los comentados

70.- Según el R.D. 53/1992 sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aquella zona en la que, existiendo riesgo de radiación, es probable que las dosis recibidas no superen los 1/10 de los límites anuales de dosis y resulta improbable superar los 3/10 de dicho límite se denomina
a) Zona vigilada
b) Zona controlada
c) Zona de acceso prohibido
d) Zona de permanencia limitada.
e) Zona sin acceso

71.- ¿Cuál es la vía de penetración más grave e importante para los contaminantes biológicos?:
a) Vía respiratoria
b) Vía dérmica
c) Vía parenteral
d) Vía digestiva.
e) Vía ocular

72.- ¿Cuándo consideramos que una fibra no es partícula?:
a) Cuando la longitud es tres veces el diámetro (L = 3d).
b) Cuando la longitud es dos veces el diámetro (L = 2d).
c) Cuando el diámetro es tres veces la longitud (d = 3L)
d) Cuando el diámetro es igual a la longitud (d = L)
e) Cuando 2 veces el diámetro es igual a la longitud (2d = L)

73.- Cuando hablamos de especificidad, interferencias, límite de detección margen de trabajo, precisión y exactitud nos referimos a:
a) Las características de una encuesta higiénica
b) Las características de un análisis preparatorio
c) Las características del método analítico
d) Ninguna de las anteriores
e) Todas las anteriores.

74.- ¿Qué debo tener en cuenta en una buena estrategia de muestreo?:
a) La especificidad, interferencias, límite de detección margen de trabajo, precisión y exactitud
b) La elección del método, la selección de los puestos de trabajo, el número de muestras a tomar y la duración de cada muestra
c) La dos anteriores
d) Ninguna de las anteriores
e) La normativa vigente

75.- Para un trabajador en contacto con Metilacetileno se detecta una concentración de 900 ppm para 8 horas de trabajo y su TLV-TWA es de 1000 ppm, calculando su %DMP (dosis máxima permisible) que interpretación doy:
a) Su dosis es mayor del 100% y existe riesgo higiénico
b) Su dosis es menor del 50% y no existe riesgo higiénico
c) Su dosis está entre el 50% y el 100% por lo que existen dudas sobre el riesgo higiénico
d) Su dosis es mayor del 200% y existe riesgo higiénico
e) Su dosis es mayor del 150% y existe riesgo higiénico

76.- Para un trabajador en contacto con Flúor se sabe que su TLV-TWA es de 1 ppm, y que además tiene un TLV-STEL de 2 ppm, ¿Qué criterio debe de prevalecer?:
a) El del TLV-TWA
b) El del TLV-STEL
c) El del TLV-C
d) Ninguno
e) El BTL

77.- Como medida de control para un trabajador en contacto con un tóxico se puede aislar el mismo mediante:
a) Una barrera física
b) El factor tiempo
c) El factor distancia
d) Todos ellos
e) Ninguno

78.- ¿Cuándo debo de pensar en un sistema húmedo como medida de control?:
a) Cuando estemos en un ambiente seco
b) Cuando estemos ante un ambiente donde exista gran cantidad de polvo disperso
c) Cuando estemos ante un contaminante en forma de niebla (mist)
d) Nunca por exigencias de la OGSHT.
e) Cuando estemos ante un ambiente donde exista gran cantidad de agua dispersa

79.- Ante un agente cancerígeno o sensibilizante como primera y urgente medida de control, debo de decidirme por:
   a) Disminuir la concentración del mismo
   b) Elegir un equipo de protección personal con marcado CE.
   c) Sustituir el agente por otro no peligroso o al manos que no sea tan peligroso
   d) Medir su concentración.
   e) Etiquetarlo según normativa

80.- El encerramiento de un proceso, la automatización y la integración de un cálculo del balance de masas con el fin de disminuir la capacidad de formación de subproductos son parámetros a considerar en:
   a) La fase de medición de los distintos contaminantes
   b) La fase de diseño del proceso
   c) La fase de mejora ambiental
   d) La fase de medidas de control complementarias
   e) La fase final de trabajo

81.- La Higiene Industrial se divide por orden de aplicación en:
   a) Higiene Teórica, Higiene Operativa, Higiene de Campo, Higiene Analítica
   b) Higiene Analítica, Higiene Operativa, Higiene Teórica, Higiene de Campo
   c) Higiene Operativa, Higiene de Campo, Higiene Analítica, Higiene Teórica
   d) Higiene Teórica, Higiene de Campo, Higiene Analítica, Higiene Operativa
   e) Higiene Analítica, Higiene de Campo, Higiene Operativa, Higiene Teórica

82.- Los contaminantes presentes en el ambiente laboral se dividen en:
   a) Contaminantes químicos y físicos
   b) Contaminantes biológicos y químicos
   c) Contaminantes químicos, biológicos y físicos
   d) Contaminantes químicos
   e) Contaminantes físicos y biológicos

83.- Los contaminantes presentes en el ambiente laboral cuya inherencia radica en la materia inerte son los:
   a) Contaminantes químicos
   b) Contaminantes biológicos
   c) Contaminantes físicos
   d) Contaminantes químicos y físicos
   e) Contaminantes bioquímicos

84.- Cuando un contaminante químico presente en el ambiente laboral actúa entrando en la sangre, combinándose con ella a través de los pulmones, no dejando que se realice correctamente el suministro normal de oxígeno a los tejidos lo denominamos:
   a) Asfixiante químico
   b) Sistémico
   c) Asfixiante simple
   d) Neumoconiótico
   e) Irritante

85.- Al efecto generado por los contaminantes químicos presentes en el ambiente laboral que inciden sobre un mismo órgano lo denominamos:
a) Efecto Aditivo
b) Efecto Simple
c) Efecto Sinérgico
d) Efecto Potenciador
e) Efecto Diana

86.- La diferencia entre polvo inhalable y polvo respirable es:
a) Que el polvo inhalable puede penetrar en el sistema respiratorio y el respirable puede penetrar en los pulmones
b) Que el polvo respirable puede penetrar en el sistema respiratorio y el inhalable puede penetrar en los pulmones
c) Que el polvo inhalable tiene un tamaño mayor de 40 micras y el respirable no.
d) Que el polvo inhalable tiene un tamaño menor de 40 micras y el respirable no.
e) Ninguna anterior

87.- ¿Cómo describimos mediante siglas el valor límite techo?:
a) TLV-STEL
b) TLV-C
c) BTL-C
d) TLV
e) TLV-TWA

88.- ¿Cuál de estos contaminantes tiene legislación española propia?:
a) Ruido
b) Benceno
c) Amianto
d) Cloruro de vinilo
e) Todos

89.- ¿Qué equipo para la medición de ruido integra de forma automática el nivel de presión acústica y el tiempo expresándolo en tanto por ciento de energía?:
a) Sonómetro Integrador
b) Sonómetro tipo I
c) Sonómetro de bandas de octava
d) Dosímetro

90.- Para un trabajador donde están presentes dos contaminantes químicos cuyos efectos son aditivos, ¿qué dosis máxima permisible total tengo si su dosis máxima permisible parcial es del 33 % y del 66% respectivamente?:
a) Del 100 %
b) Del 99 %
c) Del 66 %
d) Superior al 100 %
e) Del 165 %

91.- ¿Qué interpretamos cuando decimos que el nivel sonoro es de 0 dB?:
a) Que no hay o no existe nivel de ruido.
b) Que estamos ante el nivel de ruido mas bajo susceptible de ser captado por el oído humano.
c) Que a ese nivel no se puede captar por el oído humano.
d) Que estamos ante el nivel de ruido mas bajo sin ser susceptible de captarse por el oído humano.
e) Ninguna de las anteriores

92.- ¿Qué período de tiempo debe de transcurrir para realizarse el control médico a un trabajador sometido a un nivel sonoro equivalente de 91 dBA y una exposición de 4 horas, estando el resto a menos de 60 dBA?:
a) Cada tres años
b) Cada cinco años
c) Todos los años
d) Nunca
e) Siempre

93.- La ventilación por dilución se puede aplicar en:
a) La prevención de incendios y explosiones
b) El control del ambiente térmico
c) La dilución de un ambiente contaminado
d) Todos ellos
e) Ninguno de ellos

94.- ¿Cómo se denomina al Indice Biológico de Exposición?:
a) BEI
b) EBI
c) TLV-B
d) Ninguno es correcto
e) VL-EC

95.- ¿Cuál es el primer texto normativo que recoge los niveles tolerados de contaminantes en el ambiente de trabajo?:
a) O.G.S.H.T. de 9 de marzo de 1971
b) Orden de 31 de octubre de 1984. sobre el amianto
c) Decreto 2414 de la Presidencia del Gobierno de 30 noviembre de 1961
d) Real Decreto 1316/89 de 27 de noviembre
e) Ley 31/1995

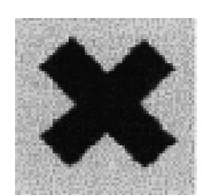
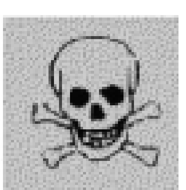
96.- Los equipos de protección personal (EPI´s) dependientes del medio ambiente de trabajo no pueden utilizarse en ambientes pobres en:
a) Agua
b) Oxígeno
c) Halón
d) Anhídrido carbónico
e) Metano

97.- La principal condición que debe exigirse a un guante frente a la protección dérmica, es que sea:
a) Robusto y antideslizante
b) Barato
c) Impermeable a la sustancia que se manipula
d) Compacto y antialérgico frente la contacto con la piel
e) Antiimpacto

98.- Según la duración en el tiempo los ruidos pueden ser:
a) Agudos o subagudos
b) Graves o Subgraves
c) Vibrantes u ondulatorios
d) Continuos o de impacto
e) Antivibrantes o vibrantes

99.- Para disminuir el nivel de vibración de una máquina, se deben de tomar las medidas técnicas tendentes a:
a) Lograr la no vibración
b) Evitar la generación de vibraciones en la fuente, desintonizar las vibraciones y atenuar su transmisión al hombre
c) Introducir protectores de guanta, resortes compensadores, carenar la máquina y anclarla con antivibradores.
d) Que afecte sólo la máquina.
e) Que afecte mínimamente al trabajador

100.- ¿Qué representan estos símbolos o pictogramas de peligrosidad?

a) Muy Tóxico y nocivo
b) Tóxico y Nocivo
c) Peligroso para el medio ambiente
d) Nocivo y Comburente
e) Tóxico y Cancerígeno

101.- El riesgo biológico se ve incrementado ante:
a) La presencia de varias personas en el laboratorio
b) La manipulación de cepas resistentes a los antibióticos.
c) La producción de aerosoles
d) Todas son válidas

102.- Entre los riesgos presentes en los laboratorios de bacteriología se encuentran:
a) La ruptura de la cadena de esterilidad
b) Las proyecciones al flamear el asa de palatino y los aerosoles
c) La utilización de vectores muy potentes
d) Sólo son correctas a y b

103.- Previa a la evaluación del riesgo biológico se deben tener presentes algunas de las siguientes características del microorganismo:
a) Patogenicidad, virulencia, y endemicidad.
b) La estabilidad y posibilidad de tratamiento.
c) Ninguna de las anteriores.
d) Son válidas a y b

104.- La identificación y evaluación del riesgo biológico se lleva a cabo mediante:
a) El Checklist y encuesta higiénica.
b) Toma de muestras y técnicas analíticas.
c) El Análisis en el medio ambiente de los agentes biológicos que sospechamos puedan estar presentes.
d) Son correctas a y b

105.- Los métodos de muestreo utilizados para la evaluación del riesgo biológico más comunes son:
a) Sedimentación y recogida en medio acuoso.
b) Filtración.
c) Frotis.
d) Se utilizan todos.

106.- Para evitar errores en la medición de las muestras recogidas se deben seguir las siguientes normas:
a) Esterilización de soportes y de los medios de cultivo utilizados.
b) No demorar el transporte de la muestra tomada al laboratorio más de 12 horas.
c) Se deben almacenar las muestras en nevera durante tiempo ilimitado hasta que los vayamos a utilizar.
d) Todas son válidas.

107.- Tras la identificación y evaluación del riesgo se deberán implantar las medidas correctoras que establece el R.D. 664/1997 en los siguientes artículos:
a) Artículo 3.
b) Artículos 5 y 6.
c) Artículo 8.
d) Sólo son válidas b y c.

108.- Entre las medidas que el R.D. 664/1997 propone utilizar tras la identificación y evaluación del riesgo se citan:
a) Reducción de riesgos y vigilancia de la salud.
b) Medidas higiénicas.
c) Todas las anteriores son válidas.
d) Ninguna de las anteriores.

109.- Las acciones preventivas que se pueden tomar tras la identificación y evaluación del riesgo biológico pueden ser:
a) Evitar la liberación de agentes biológicos.
b) Reducir las consecuencias de una liberación accidental.
c) Protección del trabajador frente al contacto.
d) Todas son válidas.

110.- La acción preventiva pasa por alguna/s de las siguientes etapas:
a) Diseño del laboratorio.
b) BPL.
c) Profilaxis preexposición.
d) Todas se deben tener en cuenta.

111.- En la fase de diseño de un laboratorio biológico se debe prestar atención a:
a) Generación de aerosoles.
b) Cualificación de las personas que lo vayan a utilizar.
c) Trabajo con grandes cantidades y/o concentraciones elevadas de microorganismos.
d) Son correctas a y c.

112.- Para la selección de una cabina de seguridad biológica se deben considerar alguno/s de los siguientes criterios:
a) Riesgo de generación de aerosoles.
b) Orientación y caracteristicas del laboratorio.
c) Grupo de riesgo al que pertenecen los agentes biológicos a utilizar.
d) Son correctas a y c.

113.- Para instalar una cabina de seguridad biológica se debe tener en cuenta alguno/s de los siguientes criterios:
a) Colocarla preferiblemente en una esquina.
b) Evitar que se produzcan reflejos de los tubos fluorescentes.
c) No instalar un pasillo y zonas de paso.
d) Son válidas a y c.

114.- Para trabajar con cabinas de seguridad biológica se debe:
a) Encender el tubo de rayos UV unos 15 - 30 minutos después de iniciado el trabajo.
b) Colocar los objetos entre el filtro Hepa y la superficie de trabajo.
c) Tapar los frascos y tubos que tengamos que utilizar en el interior de la cabina, preferiblemente con algodón.
d) Ninguna es correcta.

115.- En la desinfección de locales se debe tener en cuenta:
a) La actividad desinfectante del producto y su concentración.
b) Los gérmenes a eliminar.
c) La superficie del local.
d) Sólo a y b son válidas.

116.- Entre las características que debe reunir un desinfectante de superficies por via aérea, se citan:
a) Difusión fácil en el aire.
b) Amplio espectro.
c) Toxicidad e inflamabilidad controladas.
d) Todas son válidas.

117.- La forma más fácil de inactivar al VHB y al VIH en el medio laboral es:
a) Utilización de soluciones de hipoclorito.
b) Empleo de glutaraldehido.
c) Uso de radiaciones.
d) Uso de calor e hipoclorito.

118.- Después de utilizar agujas y/o jeringas para trabajar en laboratorios donde no haya riesgo biológico especial o exclusivo el comportamiento debe ser:
a) Tirarla en la papelera una vez encapsulado.
b) Tirarla en un bote rígido tras ponerle el capuchón original con el que viene.
c) Depositarla en un recipiente rígido sin encapsular para su gestión.
d) Nada de lo anterior es válido.

119.- Entre los residuos sanitarios tipo lIl o específicos de riesgo se encuentran:
a) Residuos infecciosos.
b) Residuos anatómicos humanos con entidad.
c) Agujas y material cortante y punzante.
d) Sólo son válidos a y c.

120.- Son normas generales a tener en cuenta para la gestión de los residuos sanitarios:
a) Utilizar bolsas de galga superior a 220 mg/m^2.
b) Sólo se podrán almacenar en el mismo edificio durante 72 horas.
c) Todo lo anterios es válido.
d) Nada es correcto.

SEGURIDAD

1. La definición legal de accidente de trabajo:
a) Sólo es válida para los accidentes mortales.
b) Nos basamos en ella para computar los accidentes "blancos".
c) Sólo tiene en cuenta los accidentes que provocan lesión.
d) Sólo es aplicable cuando existen lesiones con baja.

2. La Seguridad científica:
a) Se basa en que los accidentes son causales y por tanto evitables.
b) Se basa en la casualidad de los accidentes.
c) Admite la presencia de "gafes" en los centros de trabajo.
d) Se preocupa en buscar la causa "Única" de los accidentes.

3. Las técnicas analíticas de seguridad son las que:
a) Se aplican previamente a que ocurra un accidente.
b) Tienen por objeto identificar y evaluar los riesgos e investigar las causas de los accidentes.
c) Hacen disminuir las causas que provocan los riesgos.
d) Las respuestas b) y c).

4. Cuáles de los siguientes no se consideran Equipo de Protección Individual:
   a) Equipos de los servicios de socorro y salvamento.
   b) Ropa de trabajo antiácido.
   c) Guantes de protección contra cortes y perforación.
   d) Equipos de respiración autónoma.

5. Los Equipos de Protección Individual se caracterizan por:
   a) Evitan los riesgos a sus usuarios.
   b) Su utilización es obligatoria en todos los trabajos.
   c) Deben usarse con preferencia ante las protecciones colectivas.
   d) No evitan los riesgos, tan sólo protegen al usuario contra las posibles consecuencias de un accidente.

6. Cuáles de los siguientes Equipos de Protección Individual NO PERTENECEN a la Categoría 1:
   a) Mascarillas provistas de filtros para disolventes orgánicos.
   b) Ropa de protección contra la lluvia.
   c) Guantes de protección contra soluciones detergentes.
   d) Dedales contra agresiones mecánicas superficiales de las manos.

7. Cuál es el significado del color rojo en señalización:
   a) Advertencia de peligro.
   b) Presencia de botiquines o centros sanitarios.
   c) Prohibición y presencia de material contra incendios.
   d) Obligación en el cumplimiento de normativas.

8. Una señal triangular de color amarillo enmarcada en azul y con un pictograma normalizado indica:
   a) Una obligación
   b) Nos advierte de un peligro.
   c) No está normalizada.
   d) Que se prohibe lo indicado en el pictograma.

9. Las frases R de las etiquetas de productos químicos dan información:
   a) De las cantidades máximas a emplear en los procesos.
   b) De las recomendaciones del fabricante.
   c) De los riesgos del producto para la seguridad y salud.
   d) De los consejos de seguridad para la manipulación.

10. El riesgo eléctrico se caracteriza porque:
    a) Los accidentes son muy abundantes.
    b) Hay pocos accidentes y suelen ser de carácter grave.
    c) Sólo sufren accidentes de éste tipo los operarios de las compañías eléctricas.
    d) Es imposible sufrir un accidente si no se manipula la instalación.

11. El interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA):
    a) Es protección suficiente para cualquier instalación.
    b) No dispara en caso de contactos fase-tierra.
    c) Puede considerarse como protección suficiente para contactos directos.
    d) Ninguna de las anteriores.

12. El factor determinante del peligro de los contactos eléctricos es:
    a) La intensidad de corriente que circula a través del cuerpo humano y la duración del contacto.
    b) La tensión que el cuerpo tiene que soportar.
    c) El punto de entrada de la corriente en el cuerpo.
    d) La intensidad que pueda suministrar la fuente del contacto.

13. Para el control de riesgos residuales en una máquina peligrosa el empresario está obligado a:
    a) Informar al trabajador de los citados riesgos y formarlo/adiestrarlo en el manejo correcto de la máquina.
    b) Garantizar una iluminación mínima de 200 lux.
    c) Suministrar equipos de protección individual.
    d) Si son residuales, le corresponde al trabajador evitarlos.

14. ¿Cuál es la anchura mínima que debe tener un pasillo por el que deben circular dos carretillas simultáneamente en sentido opuesto cuya anchura máxima (incluida la carga) sea de 1,30 m?
    a) 3 m.
    b) 6 m.
    c) 3,5 m
    d) 4 m.

15. ¿Quién debe elaborar los Estudios de Seguridad y Salud en las obras de construcción?
    a) El Contratista principal.
    b) El Coordinador de Seguridad y Salud en fase de proyecto o el Proyectista.
    c) El coordinador de Seguridad y Salud en fase de Ejecución.
    d) Ninguno de los anteriores.

16. ¿En qué obras de construcción debe existir un Plan de Seguridad y Salud?
    a) En aquellas cuyo presupuesto exceda de los 75 millones de pesetas (450807 euros).
    b) En todas las que exista un proyecto.
    c) En aquellas que no tengan realizado el Estudio o Estudio básico de seguridad y salud.
    d) En todas sin excepción.

17. El triángulo del fuego representa:
    a) Los tres métodos de propagación del calor: conducción, convección y radiación.
    b) Los tres factores que inician un fuego: combustible, comburente y energía de activación.
    c) La clasificación de combustión, deflagración y detonación.
    d) La energía calorífica de un local: masa combustible, potencia calorífica de cada elemento y volumen.

18. Para la extinción de un fuego de cajas de cartón ¿qué sustancia no emplearía?:
    a) Agua pulverizada.
    b) Anhídrido carbónico.
    c) Espuma.
    d) Las respuestas a) y c)

19. ¿Dónde iremos a buscar la reglamentación que afecta concretamente a las disposiciones de seguridad y salud en los lugares de trabajo?:
    a) Al reglamento de actividades nocivas, insálubres y peligrosas.
    b) Al RD 486/97
    c) A la Ley 39/97
    d) Al RD 1316/89

20. ¿Qué factores no están asociados con el riesgo de caída al mismo nivel en la actividad agrícola:
    a) Presencia de herramientas y aperos de trabajo (incluidas mangueras) abandonados en el suelo tras su uso.
    b) Pequeños desniveles e irregularidades en el pavimento de las naves. Rejillas de evacuación de fluidos que presenten salientes.
    c) Terrenos de labranza escarpados y de difícil acceso (baches, zanjas, etc.) con presencia de diversos materiales en la zona de trabajo (piedras, ramas, etc.).
    d) Manipulación de productos para el tratamiento del ganado (desparasitación, desinfección de las instalaciones, etc.).

ERGONOMÍA

1. Para lograr el desarrollo e implantación de la Ergonomía en el ámbito preventivo se debe inicidir en uno de los principios de la acción preventiva, que es:
    a) el confort laboral
    b) el trabajo como ocio
    c) las posturas y el mobiliario
    d) adaptar el trabajo al trabajor

2. Señalar entre los siguientes nombres propios, aquellos que tiene relevancia para la Ergonomía:
    a) McComick
    b) Cazamian
    c) Pasteur
    d) Favergé

3. Cuando las exigencias no físicas del trabajo sobrepasan las capacidades del trabajador, nos hallamos ante una situación de:
   a) Carga física
   b) Carga mental
   c) Carga temporal
   d) Complejidad

4. Una señal auditiva que avisa de una situación en la que se deba actuar con rapidez, viene clasificada como:
   a) Emergencia
   b) Alerta
   c) Alarma
   d) Aviso

5. Las herramientas manuales de trabajo deben diseñarse:
   a) Para cada persona
   b) Para el tamaño medio de la mano
   c) Para la mayoría de la población
   d) Para los trabajadores que las utilicen

6. Con el fin de facilitar su discriminación, el nivel diferencial de una señal auditiva respecto al nivel sonoro ambiental, será de al menos:
   a) > 20 dB (A)
   b) > 15 dB (A)
   c) > 10 dB (A)
   d) < 5 dB (A)

7. ¿Qué tipo de mando emplearías preferentemente para una función que requiere rapidez y precisión?:
   a) Botón
   b) Pedal
   c) Interruptor giratorio
   d) Palanca

8. ¿Qué tipo de mando se debe emplear preferentemente para una función que requiere fuerza y rapidez?:
   a) Palanca
   b) Volante
   c) Pedal
   d) Manivela pequeña

9. El diseño racional de un panel de mandos facilita su control, reduciendo la fatiga y:
   a) La sobrecarga mental
   b) El abstentismo
   c) El riesgo de error
   d) La carga física

10. Cuando una serie de mandos corresponde a una secuencia de operaciones, su situación debe respetar:
    a) la compatibilidad
    b) el orden de la secuencia, de izquierda a derecha
    c) el tamaño, de mayor a menor
    d) la tarea

11. Una de las técnicas más empleadas en la investigación de las condiciones psicosociales del trabajo es:
    a) La doble tarea
    b) La entrevista
    c) El cronometraje de tiempos
    d) La frecuencia cardiaca

12. Para indicar correcto/incorrecto el display más adecuado es:
    a) Analógico
    b) Digital
    c) Auditivo
    d) Una señal luminosa

13. Un indicador digital es el más adecuado para:
    a) Observar el cambio de un valor
    b) Lecturas precisas
    c) Indicar correcto/incorrecto
    d) Conocer el estand del sistema

14. Las señales auditivas pueden ser:
    a) Informativas
    b) Alerta
    c) Alarma
    d) Emergencia

15. Para informar si un equipo funciona o no, el indicador visual más adecuado es:
    a) Indicador analógico
    b) Indicador digital
    c) Lámpara de aviso
    d) Indicador de ventana

16. La señales visuales se deben utilizar si:
    a) El ambiente es ruidoso
    b) Posiciones fijas del operador
    c) Mensajes largos
    d) Todas las anteriores

17. Para visualizar un valor numérico de una temperatura se utilizará un indicador:
    a) Analógico
    b) Digital
    c) Ambos indistitamente
    d) Ninguno de los anteriores

18. Las señales auditivas se deben utilizar cuando:
    a) La visión es limitada
    b) El operador no está en posición fija
    c) Se precisa rápida respuesta
    d) Todas las anteriores

19. Según la normativa legal sobre trabajo con Pantallas de Visualización (RD 488), en un puesto de trabajo con ordenador, el soporte para los documentos:
    a) Se debe sujetar al monitor.
    b) No se indica que deba darse
    c) Se dará a quien lo pida
    d) Ninguna es correcta

20. La normativa legal sobre trabajo con Pantalla de Visualización, se encuentra específicamente recogida en:
    a) RD 486
    b) RD 488
    c) Ley 31/95
    d) No se encuentra recogida

21. En el RD 488/1997 que regula el trabajo con pantallas de visualización, donde se hace referencia a la Ergonomía citando literalmente los principios de ergonomía deberán aplicarse…:
    a) Al mobiliario
    b) Al teclado
    c) Al tratamiento de la información
    d) El entorno

22. Son objeto de la normativa que regula el trabajo con pantallas de visualización, los puestos de trabajo que emplean ordenadores portátiles, según la Guía Técnica:
    a) Depende del tamaño de la pantalla
    b) Sí, si se emplea de manera continua en el trabajo
    c) No
    d) Sólo si no tiene de sobremesa.

23. Los métodos de análisis gráficos constituyen el procedimiento más adecuado para evaluar:
    a) Los factores de riesgo higiénico
    b) Las condiciones de trabajo
    c) La carga física y mental
    d) Los aspectos de seguridad en el trabajo

24. En el diseño de un pupitre de control para determinar el hueco para las piernas en la posición sentado, tendremos en cuenta las medidas:
    a) Del 50 percentil
    b) Del 5 percentil
    c) Del 95 percentil
    d) Del 9 percentil

25. En el diseño (físico) ergonómico de los puestos de trabajo debemos considerar cuatro condicionantes: fuerza, alcance, márgenes y:
    a) Estilo de mando
    b) Postura
    c) Alejamiento
    d) Sexo

26. Para fijar la ubicación de un mando en el plano horizontal de un panel de control, tendremos en cuenta las medidas:
    a) Del 50 percentil
    b) Del 5 percentil
    c) Del 95 percentil
    d) Del 99 percentil

27. Para establecer las dimensiones esenciales de los puestos de trabajo hay que considerar además de las zonas de alcance y el espacio para las piernas:
    a) El tipo de tarea
    b) La opinión del 95 percentil
    c) El área óptima
    d) La altura del plano de trabajo

28. El tipo de dispositivo de presentación de la información más adecuado para dar un mensaje largo y complejo es:
    a) Mandos y displays estandares
    b) Movilidad esperada en la máquina
    c) Interruptores y pedales
    d) Ninguno de los anteriores

29. El reflejo de una ventana situada a la espalda del operador en una pantalla informática, es un caso típico de:
    a) Deslumbramiento directo
    b) Luminania inadecuada
    c) Deslumbramiento indirecto
    d) Brillo sostenido

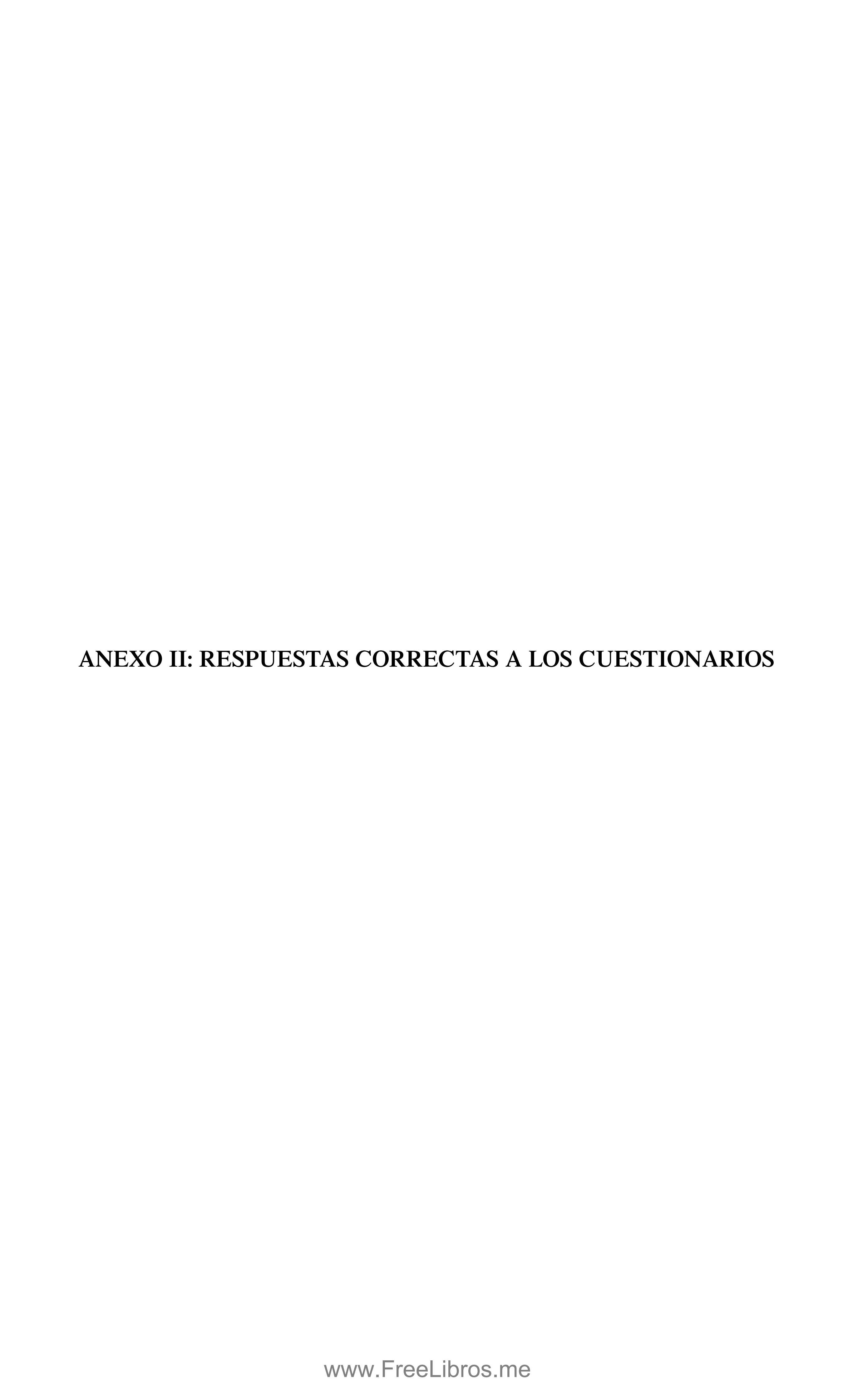
30. La mecanización y la automatización han supuesto un incremento de:
    a) Carga física
    b) Carga mental
    c) Absentismo
    d) Todas son correctas

31. Los parámetros que definen el ambiente térmico son:
    a) Temperatura seca
    b) Temperatura húmeda
    c) Velocidad del aire
    d) Las tres anteriores

32. El método de la temperatura Efectiva se utiliza principalmente para valorar:
    a) Estrés Térmico
    b) Confort Térmico
    c) Ambiente térmico en exteriores
    d) Ninguna de las anteriores

33. Señala cuál de las siguientes prendas de vestir tendrá más clo:
    a) Una camiseta de tirantes
    b) Un abrigo
    c) Unos calcetines
    d) Un jersey

34. El PNC es un criterio para valorar:
    a) El calor
    b) Las vibraciones
    c) El ruido molesto
    d) Nada de lo anterior



ANEXO II: RESPUESTAS CORRECTAS A LOS CUESTIONARIOS

PREGUNTA N.º	RESPUESTA	PREGUNTA N.º	RESPUESTAS
1	C	51	C
2	B	52	C
3	B	53	A
4	B	54	C
5	B	55	B
6	B	56	C
7	A	57	C
8	C	58	A
9	B	59	C
10	B	60	B
11	C	61	C
12	A	62	A
13	C	63	C
14	C	64	A
15	A	65	B
16	B	66	C
17	B	67	B
18	A	68	C
19	C	69	A
20	C	70	A
21	C	71	C
22	B	72	A
23	C	73	C
24	A	74	B
25	D	75	C
26	B	76	B
27	B	77	D
28	B	78	B
29	C	79	C
30	A	80	B
31	A	81	D
32	A	82	C
33	A	83	A
34	A	84	A
35	A	85	A
36	C	86	A
37	B	87	B
38	D	88	E
39	A	89	D
40	D	90	B
41	A	91	B
42	B	92	A
43	D	93	D
44	A	94	A
45	D	95	C
46	C	96	B
47	D	97	C
48	B	98	D
49	D	99	B
50	D	100	B

PREGUNTA N.º	RESPUESTA
101	D
102	D
103	D
104	A
105	D
106	C
107	D
108	D
109	D
110	D

PREGUNTA N.º	RESPUESTA
111	D
112	B
113	D
114	D
115	A
116	C
117	D
118	C
119	D
120	D

SEGURIDAD

PREGUNTA N.º	RESPUESTAS
1	c
2	a
3	b
4	a
5	d
6	a
7	c
8	c
9	c
10	b
11	d
12	a
13	a
14	d
15	b
16	b
17	b
18	b
19	b
20	d

ERGONOMÍA

PREGUNTA N.º	SOLUCIÓN	PREGUNTA N.º	SOLUCIÓN
1	d	18	b
2	a, b, d	19	b
3	b	20	b
4	c	21	c
5	c	22	b
6	c	23	b
7	c	24	c
8	c	25	b
9	c	26	b
10	b	27	d
11	b	28	b
12	d	29	c
13	b	30	b
14	c	31	d
15	c	32	b
16	a	33	b
17	b	34	c

Este Manual se acabo de imprimir
en los Talleres de Imprinta Firma, S. A. (Mieres-Asturias)
el día 31 de Julio de 2000

T



Denominación del residuo
DISOLVENTES NO HALOGENADOS NO FENOLICOS

Códigos
Q16//D15//L5//C41/39//H6/3B//A870//B5413

N.º CE   Fecha de envasado 1/08/00   Aceptación n.º 998523
N.º de envases 1   Envase n.º 1

F+



Empresa productora
XXXXXXXXX
XXXXXXXXX
XXXXXXXXX
33006
Oviedo
ASTURIAS
☎ XXXXXXX
FAX XXXXXX